



LAR ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv

Arnbjerg-Nielsen, Karsten

Published in:
LAR

Publication date:
2012

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Arnbjerg-Nielsen, K. (2012). LAR ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv. In *LAR: lokal Afledning af Regnvand* (pp. 31-38). ATV Jord og Grundvand.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LAR - LOKAL AFLEDNING AF REGNVAND

26. april 2012



Indholdsfortegnelse

	Side
THIS WATER BUSINESS IS GETTING COMPLICATED! – LIKE ANY OTHER BUSINESS... HOW TO HANDLE THE INCREASING COMPLEXITY? Henrik Kærgaard, M.Sc. Director, Cross-Cutting Development, NIRAS A/S	1 - 8
NEDSIVNINGSTILLADELSER - HVILKE UDFORDRINGER ER DER FOR DE KOMMUNALE MYNDIGHEDER Biolog Jane Møller Thomsen, Københavns Kommune	9 - 18
FORSKNING, OVERBLIK OG PROJEKTER Professor MSO Marina Bergen Jensen, KU Life	19 - 30
LAR UD FRA ET SAMFUNDSØKONOMISK PERSPEKTIV Lektor Karsten Arnbjerg-Nielsen, DTU Miljø	31 - 38
HÅNDBOG AF REGNVAND I BYENS OVERFLADE - EKSEMPEL FRA AALBORG Teamchef Jan Scheel, NIRAS A/S	39 - 50
POTENTIALET FOR LAR I VINKÆLDERRENDENS OPLAND, ODENSE Hydrogeolog, ph.d. Jan Jeppesen, ALECTIA A/S	51 - 58

THIS WATER BUSINESS IS GETTING COMPLICATED!
– LIKE ANY OTHER BUSINESS...
HOW TO HANDLE THE INCREASING COMPLEXITY?

Henrik Kærgaard, M.Sc. Director, Cross-Cutting Development, NIRAS A/S

ATV JORD OG GRUNDVAND

LAR – Lokal afledning af regnvand

Møde 26. april 2012

INTRODUCTION

Today we are at a point in time where drastic changes are necessary in our global community in an increasing number of areas – and also in the water business. When we try to work with these changes, however, we often face a framework of laws and regulations that were created in national societies of post-war-industrial-growth – and often we also face the old leaders and rulers of this society! The challenge today is, however, to make significant moves towards a long-term global society of balanced knowledge-sharing and collaboration, economy and ecology – a completely different scenario! Of course the existing laws and regulations are generally not very helpful here – and when we seek to make the necessary changes, the bureaucratic challenges here are sometimes so awesome that nothing happens, basically because many of the changes involve agreement between 5 – 10 different parties or stakeholders with different focuses, cultures and priorities...and sometimes even policies.

This is widely known to be organisationally very difficult if not impossible, and this basically implies that we very often cannot rely on regulation as the basic tool for change in the present situation. The only possible alternative (if we want to do something in due time...) is to invite all the stakeholders in a given problem or project and try to collaborate closely in order to find a possible solution under the given administrative circumstances. This may look complicated but is in fact often possible to accomplish – and if well managed and facilitated can lead to surprisingly productive results through innovative and inspiring social processes. So, in order to make something happen when laws and regulations are not helpful, we simply have to ***move from a society based on regulation to a society based on negotiation and collaboration across professions, organisations and anything else!***

This is the true development challenge of our time, and it has to be realised in a hurry and in a very adverse framework of laws and regulations – so how can we get started to day!

WHY ARE THESE COMPLEXITY ISSUES SO DIFFICULT TO HANDLE?

The question of the title of this paper should be at the top of our minds all the time, when we make decisions, and in our professional as well as our private lives. The reason for this is that we all have to make decisions every day – and sometimes very important decisions too – and currently we have to deal with a considerable number of absolutely unpredictable and completely confusing issues every time. A few examples could be: the climate change challenge, the issue of sustainability, the globalisation as such, the global economic crisis, the increasing population of the world, the numerous environmental degradation issues all over the Earth, the poverty challenge, the education challenge etc., etc. – there is no end to this and they all have both global, regional and local implications. All these issues influence our daily lives and our common future increasingly, and if we do not have them at the top of our minds when we make important decisions, we will inevitably often make the wrong decisions...but who can overlook all these matters? – and who can stand to deal with them all the time? – and how can we deal with them at all?

Unfortunately this question is the most complicated question of our time. Moreover all signs indicate that the complexity will only increase further in the future – and therefore this is also a question where we all have our own answers, often clearly coloured by our rather short-sighted interests and preferred priorities and the like, simply because we cannot deal with it otherwise. The pressing problem is, however, that we have to deal with it in a serious and responsible way, because if we do not, things will start to go really wrong (if they have not started already).

There have been many attempts to make solutions for this complexity challenge in the latest decades. Unfortunately, the solutions available so far for answering this question are generally so complicated, that even the experts behind them cannot handle them in practical situations. This is generally because all these methods strive to be scientifically correct, which always leads to extremely complicated methods and indicator systems etc. – and it goes without saying that such systems are inoperable, basically because they cannot be understood, they are impossible to use, and they can provide you with virtually any result you might want. Consequently they are simply not useful. But why is it so difficult and maybe even impossible to deal with these complexity issues in a scientific manner?

Here we have to examine what science is, what it is not, and what it may be used for. There is lots of knowledge about these somewhat philosophic questions, but this knowledge is hardly consulted to day anymore, because to day we are all convinced that science is equivalent to truth, and that if things are handled scientifically, it can not be done better. Unfortunately, this is pure rubbish as every branch of science is simply a tool that is reasonably practical to use inside a given framework of assumptions and rules – but it has nothing whatsoever to do with truth...this may easily be seen from the fact that scientific truth is a variable that changes with time – and it even changes faster the more you do research inside a specific field.

Moreover the amount of potential hypotheses to explain a given observation are often many, sometimes in fact unlimited – so for each question we find useful answers for, several more questions arise. In fact we are not converging towards an overall scientific truth, we are actually diverging towards rapidly increasing scientific chaos – our understanding of the world becomes more and more confused and less and less useful for the task of living our lives properly, positively and in a state of relative happiness or of managing our societies, companies, communities and our social relations in general...and even the climate adaptation issue.

The reasons for this is rather simple: It turns out that if you look deep into the basis of every branch of science they are all built on a number of basic presumptions. These basic presumptions can not be proved, but expresses a sort of accepted “common sense” for the branch of science in question and forms its foundation – but they are not true in an absolute sense. Some of these basic presumptions are common for a number of scientific branches, but in general it turns out, that the “common sense” varies a lot between different branches especially when we move from natural science to social science and further to humanistic science. Therefore a psychologist will be very surprised – sometimes downright angry – when confronted the “common sense” of a biologist, an engineer, a medical doctor, an economist, and architect or even worse...so the whole construction of sciences does not have a common foundation and coherence but is a castle made of sand...we have created a new mental Babels Tower and it does not make sense, at least not anymore...

It is even possible to construct a specific science from different sets of basic presumptions and still make it work, as it was demonstrated by a number of mathematicians in the late 1800 in the case of geometry. Here e. g. Riemann created his own geometry on a different basis than the traditional geometry of Euklid and made it work – in fact it turned out to provide a better description of the universe according to Einstein, than the geometry of Euklid. This created a very deep and general philosophical crisis in mathematics and in science in general as it clearly showed, that geometry is not the truth, but merely a working tool in the science work shop – and a tool that has to be changed as our perception of the world changes. This crisis was never solved and it is still not – in stead we seem to have chosen to forget it...even though the German mathematician Kurt Gödel in the 1930'es finally proved, that a consistent logic and mathematic system cannot be constructed without containing a number of irrational and non-provable presumptions – rationality can not exist

without a foundation of irrationality...but maybe the truth is still out there somewhere...? No, it is not and we have to find completely new ways to comply with a new reality!

The implications of all this is that we may consider a given science as the truth under given circumstances and in a given period of time – but only provided that we keep ourselves inside the framework of assumptions that are currently accepted as “the truth” inside the science in question. This is in fact a rather strong limitation in most situations – to day a limitation that makes science in general rather useless for most purposes (yes, I really wrote this!!). The problem here is of course, that life as such and the issues we have to handle in our lives, do not respect the boundaries of science, which are merely mental constructions we have made in order to try to keep our world simple and easy to understand and deal with. A noble ambition – but to day an ambition that have failed us totally and we have no other alternative than to give it up. Of course, we may still use science in situations that are so simple, so restricted and so controlled that they may be handled inside a rather simple and primitive framework of presumptions – however, we increasingly seem to run out of this sort of situations...

In stead we face an increasing number of situations that can only be handled across several scientific disciplines – and often disciplines with very different basic assumptions as e. g. technical sciences, biology, ecology and other natural sciences, sociology, psychology, medicine, political science, philosophy etc., etc. Here we are completely on our own – simply because the combined basic presumptions of just very few of these sciences do not consist a firm scientific foundation, but simply plain rubbish – science can simply not help us out, and there is no rational solution that can be found by using a rational and logic system. And it does not help us to work further on this, do further research and development in the various sciences, develop new and more complex models etc., etc. – this traditional approach is a dead end here and there is no way out in this direction!

...AND WHAT CAN WE DO ABOUT IT?

Consequently we need a totally new approach...and the answer is not complicated and was well known among the ancient Greeks – especially the ones called the Sophists. What we do is to pick a professional representative from each of the relevant branches of science, place them together with the owners and stakeholders of the problem in question and stimulate and inspire them to come up with a useful solution through a curious, positive, creative and innovative mutual dialogue. The problem with this approach will often be, that they do not understand each other and find it extremely irritating to have been placed among a number of stupid, alien and non-empathic lunatics that cannot understand very simple and straightforward things that most school children should be familiar with...they will normally need facilitation from a very robust, interdisciplinary thinking, chaos-resistant, empathic, tender, caring but also authoritative person that can facilitate the creative working process that they will normally be absolutely and totally alien towards – simply because it is so much against their traditional way of working, thinking and practising, that it is almost like entering a new, strange and frightening world.

The science establishments are to day **not** innovative and creative, but much more conservative, conserving and thinking along traditional lines – science as it is mostly to day does **not** facilitate creativeness and innovation but is in fact a barrier – and a very strong barrier too. Knowledge is **not** a vehicle for innovation, it is a problem – what stops you from being innovative and creative is simply all the things you have learnt in your life in schools, training institutions, universities etc., etc., so if you want to be innovative, the basic challenge is to forget all the crap all these institutions put into your head and start thinking and perceiving from fresh and virgin land and mind again – nor more and no less! Keep your mind alive – stay clear of all kinds of institutions!

Interdisciplinary problem solution demands interdisciplinary working processes – and collaboration between professions – and if we want to solve the problem/question in the title of this paper in to days turbulent and crazy world, we consequently have to work intensively and creatively across all professional disciplines – not sometimes and occasionally, but everyday in a foreseeable future. This is the one and only road towards a true and real global knowledge society – and this road and its destinations are both far beyond science in the traditional way. Science is history in exactly the same manner as the ancient Greek and Roman gods are history, as the Scandinavian Asa-belief is history and as most institutional religions and the Stone Age are history.

This has very profound implications for the development, management and organisations of our societies as they are all based on the scientific belief and the division of sciences in various disciplines in order to keep things simple and limit responsibility for the real world out there...this is extremely clear from the construction of public bureaucracies as they are all over the world to day: Divided into a vast number of disciplines, sectors and professions and in a steep hierarchy that makes interdisciplinary working processes totally impossible – and downright dangerous for the individual that would dare try!

With the challenges ahead of us in to days world and the vision of a global knowledge society as our common future, these organisations simply consist the worst threat against humanity that we face in the coming decades – the next revolution must be against the Weberian Bureaucracy and we better start it now! These bureaucracies are to day characterised by having

- a far too steep hierarchy to make useful decisions in due time;
- an organisation divided into numerous professionally defined divisions and departments with each their perception of reality and no intentions and incentives to change these perceptions;
- a strong and real threat of punishment and maybe worse if you cooperate seriously with other divisions/departments;
- a belief that management by rules (based on science of some obscure kind...) is a possible way forward - and with so many rules that nobody can find their way through...;
- considerable corruption and focus on personal interests in many countries;
- ...and no qualifications whatsoever to handle anything but very, very detailed and simple problems...

...so we simply have to develop a completely new type of organisation for the knowledge society. This process seems to be in motion in a lot of private companies all over the world although a clear picture of a useful result is not ready yet, but it has hardly begun in any public organisations yet and this is necessary to get started in order to be able to handle the complex challenges of our present and future world.

...AND WHERE WILL IT TAKE US?

But what are the characteristics of these new organisations? I do not know, but I take the risk to come up with the following proposals:

- The main task of these organisations will be to facilitate a productive and continuous dialogue between the decision makers (politicians) and the stakeholders (the service providers and the citizens) about the future development – they will be facilitators (where they to day are mostly manipulators and generally do whatever they can to prevent the dialogue to take place...);
- A complete disruption of the Weberian bureaucracy will have to take place as the main competence of the new organisations will be interdisciplinary working processes, i.e. working processes across divisions in today's bureaucracies – similarly administration will be a minor issue (and allocated to computers mainly) and management of and participation in interdisciplinary

development projects will be a main issue for most employees, who will also have to be able and willing to work all over the whole organisation and often in many projects at the same time;

- Political committees will be project committees with a life time corresponding to the projects in question and will be held directly responsible for project results – only State Governments, City Councils or the like will be permanent units working only with policy issues and long term strategy development and never ever involved in specific projects, issues and cases;
- Budget allocations will be given almost exclusively to projects and not to sectors/divisions as today, so if a sector does not have enough development projects, it will simply be absorbed by other and more development oriented sectors – over time the traditional sectors will vanish completely as their main contribution already today is sub-optimising, creation of barriers for development, frustrating the best employees and generally fighting to keep status quo at all costs...
- A crucial characteristic of the new organisation will be that both economic resources and staff are flowing freely all over the organisation to where the important challenges and tasks currently is;
- There will be three types of managers in these organisations:
 - Project managers, who develops, implements and manages projects and also facilitates the dialogue between decision makers, service providers and citizens – the project managers have no or few employees;
 - Service managers, who continuously manages and develops important service areas in the system – the service managers are also HR managers and developers and responsible for the employees of the system;
 - A top management team that in a close dialogue with the politicians coordinates and facilitates the best possible function of the system as a whole;
- Good governance and transparency will be a necessity and a natural prerequisite for these new organisations, and corruption, fraud and unprofessional behaviour will be dealt with swiftly, efficiently and professionally at all levels.

...and those who develop these new organisations first will take the lead and pass everybody else in the fast lane – and hopefully be able to create enough profit and compassion to pay for the necessary aid to keep the rest of us alive, at least at a subsistence level! This does not take miracles, witchcraft or anything like that – ***it just takes preparedness for innovation and change through new working processes combined with a new mindset for thinking in sustainability terms.*** Think it over and consider it – and you will see that it is possible and can be done – and it is even fun!

PROPOSALS FOR FURTHER READING (IF YOU REALLY WANT IT)

ZEN – and the Art of Motorcycle Maintenance. Robert M. Pirsig, 1974

Mind and Nature. Gregory Bateson, 1979.

On Divination and Synchronicity. The Psychology of Meaningful Chance. Marie-Louise von Franz, 1980.

NEDSIVNINGSTILLADELSER - HVILKE UDFORDRINGER ER DER FOR DE KOMMUNALE MYNDIGHEDER?

Biolog Jane Meller Thomsen, Københavns Kommune

ATV JORD OG GRUNDVAND

LAR – Lokal afledning af regnvand

Møde 26. april 2012

RESUMÉ

Kommunerne skal planlægge spildevandshåndteringen og give tilladelser til nedsivning af spildevand – bl.a. via faskiner og regnbede – indenfor rammerne som lovgivningen giver og kommunernes retningslinjer og strategier.

I Københavns Kommune sagsbehandles ansøgninger om tilladelse til nedsivning med fokus på:

- hvad spildevandet, som ønsket nedsivet, indeholder
- hvordan nedsivningen ønskes etableret, og
- hvilke forhold, der er til stede, hvor man ønsker at nedsive.

På den måde forsøges det at sikre, at nedsivning af spildevand ikke giver anledning til nye forureninger eller spreder eksisterende forureninger i byen.

INDLEDNING

Det er kommunernes opgave at planlægge spildevandshåndteringen, godkende taksterne for de spildevandsselskaber, som de selv ejer; mens de skal sørge for, at miljø og natur ikke lider under den måde, vi vælger at håndtere spildevandet på.

Heldigvis får kommunerne hjælp til at løfte opgaven gennem lovgivningen: betalingsloven /1/, vandsektorloven /2/, planloven /3/, byggelovgivning /4/, naturbeskyttelsesloven /5/, miljømålsloven /6/ og miljøbeskyttelsesloven /7/ – herunder spildevandsbekendtgørelsen /8/.

Kommunerne skal have fokus på at beskytte recipienter mod overløb fra kloaker og flere kommuner har rettet blikket mod alternativer til renovering af kloaknettet for at imødekomme forventede klimaforandringer. Derfor er kommunerne begyndt at tænke på LAR – Lokal Afledning/Anvendelse af Regnvand i deres planlægning af spildevandshåndteringen.

I Københavns Kommune har vi oplevet en voldsom stigning i interessen for at nedsive regnvand lokalt, og det er kommunens opgave at sørge for, at dette sker under overholdelse af lovgivningen. Derfor kræver kommunen, at der indhentes tilladelse til nedsivning af spildevand efter miljøbeskyttelseslovens § 19.

FORMÅL

Sagsbehandling af ansøgninger om tilladelserne efter miljøbeskyttelseslovens § 19 skal behandles, så det sikres, at nedsivningen ikke giver anledning til en uacceptabel forurening af jord og grundvand. Det sikrer kommunen ved at se på, hvad spildevandet, som ønskes nedsivet, indeholder, og ved at undersøge, hvilken forurening, der allerede findes i jord og grundvand, som en øget nedsivning vil kunne sprede. Sagsbehandlingen skal desuden sikre, at nedsivningen foregår uden gener for omgivelserne i øvrigt.

ARBEJDSVÆRKTØJER

Kommunerne skal bruge lovgivning og vejledninger fra staten til at sagsbehandle ansøgninger om tilladelse til nedsivning af spildevand. Samtidig har kommunerne deres egne retningslinjer for, hvordan de vil sagsbehandle ansøgningerne.

Lovgivning

Miljøbeskyttelseslovens § 19, stk. 1 lyder således:

” § 19. Stoffer, produkter og materialer, der kan forurene grundvand, jord og undergrund, må ikke uden tilladelse

- 1) nedgraves i jorden,
- 2) udledes eller oplægges på jorden eller
- 3) afledes til undergrunden.”

Miljøbeskyttelseslovens formålsparagraf hjælper os yderligere til at forstå, hvad tankegangen bag lovgivningen er.

Miljøbeskyttelseslovens § 1 lyder således:

”§ 1. Loven skal medvirke til at værne natur og miljø, så samfundsudviklingen kan ske på et bæredygtigt grundlag i respekt for menneskets livsvilkår og for bevarelsen af dyre- og plantelivet.

Stk. 2. Med denne lov tilsigtes særligt

- 1) at forebygge og bekæmpe forurening af luft, vand, jord og undergrund samt vibrations- og støjulemper,
- 2) at tilvejebringe hygiejnisk begrundede regler af betydning for miljøet og for mennesker,
- 3) at begrænse anvendelse og spild af råstoffer og andre ressourcer,
- 4) at fremme anvendelse af renere teknologi og
- 5) at fremme genanvendelse og begrænse problemer i forbindelse med affaldshåndtering.”

For at hjælpe os yderligere med at sagsbehandle ansøgninger om tilladelse til nedsivning af spildevand, har Miljøministeriet lavet en spildevandsbekendtgørelse til os. I den står der:

” § 30. Tilladelse til afledning af tag- og overfladevand til nedsivningsanlæg, hvortil der ikke afledes husspildevand eller procesvand, kan meddeles, når følgende betingelser er opfyldt:

- 1) Afstanden til vandindvindingsanlæg, hvortil der stilles krav til drikkevandskvalitet, er mindst 25 meter,
- 2) nedsivningsanlægget dimensioneres, placeres og udføres således, at der ikke opstår overfladisk afstrømning, overfladegener, eller gener i øvrigt,
- 3) afstanden fra nedsivningsanlægget til vandløb, søer og havet er mindst 25 meter, og
- 4) tag- og overfladevand kommer ikke fra offentlige veje, jernbaner eller befæstede arealer, der anvendes til parkering for mere end 20 biler.”

Hvis ikke der kan gives tilladelse efter § 30 i spildevandsbekendtgørelsen, kan sagsbehandleren ty til:

”§ 31. Er betingelserne i §§ 29 og 30 ikke opfyldt, kan tilladelse dog meddeles, når følgende betingelser er opfyldt:

- 1) Tilladelsen er ikke i modstrid med områdets vandforsynings-, spildevands-, kommune- og vandplaner,
- 2) de hydrogeologiske forhold sandsynliggør, at nedsivningen vil kunne ske uden risiko for forurening af vandindvindingsanlæg,
- 3) nedsivningen vil ikke medføre forurening af grundvandsressourcer, der er anvendelige til vandforsyningsformål,

- 4) nedsivningen er ikke til hinder for, at de i vandplanen fastlagte mål for kvaliteten af grundvand, vandløb, søer og havet kan opfyldes, og
- 5) afstanden til vandløb, søer og havet er mindst 25 meter.”

I tilfælde, hvor ansøgningen går på nedsivning af spildevand på jordoverfladen, hvilket eksempelvis er tilfældet i regnbede, anvender kommunerne spildevandsbekendtgørelsens § 34:

”§ 34. Kommunalbestyrelsen kan efter indhentet udtalelse fra Sundhedsstyrelsen og kredsdyrlægen meddele tilladelse efter lovens § 19, stk. 1, til udledning eller udsprøjtning af spildevand uden jordbrugsmæssig værdi på jordoverfladen.

Stk. 2. Ved meddelelse af tilladelse efter stk. 1 skal det sikres, at udledningen eller udsprøjtningen ikke indebærer risiko for eller medfører

- 1) forurening af grundvand,
- 2) forurening af overfladevand,
- 3) sundhedsfare for mennesker eller dyr,
- 4) gener for omboende eller
- 5) overfladeafstrømning.”

Der er således givet mulighed for at tillade nedsivning af regnvand; men det kræver, at spildevandet fra tag og andre overflader i øvrigt ikke indeholder ”andre stoffer, end hvad der sædvanligt tilføres regnvand i forbindelse med afstrømning fra sådanne arealer, eller have en væsentlig anden sammensætning”, som det beskrives i spildevandsbekendtgørelsens definition af tag- og overfladevand.

Retningslinjer og planer

Ansøgninger efter miljøbeskyttelseslovens § 19 skal alle behandles individuelt. Dvs., at sagsbehandlingen ikke må skære en type ansøgninger over én kam og give et standard svar på én type ansøgninger. Det er derfor vigtigt, at hver sag behandles individuelt og at der tages hensyn til:

- hvad der søges om tilladelse til at nedsive
- hvordan man ønsker at nedsive regnvandet og
- hvor man søger om tilladelse til at nedsive i hver enkelt ansøgning

I Københavns Kommune sagsbehandler vi ansøgningerne om tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19 individuelt; men vi har dog også nogle retningslinjer, som vi kan rette os efter.

I kommunen har vi fået politisk vedtaget en ”Strategi for jorden i København 2008-2015”, hvor et af målene er, at jord- og vandforureninger skal forebygges.

Dette er yderligere beskrevet i ”*Håndtering af vand ved byggeri og anlæg*”, hvor der står, at: ”Forurenet regnvand, der vil kunne forurene jord og grundvand, vil ikke kunne nedsives uden forudgående rensning. Nedsivning af regnvand kan ikke tillades på arealer med væsentlig jordforurening eller i områder, hvor grundvandet står særligt højt.”

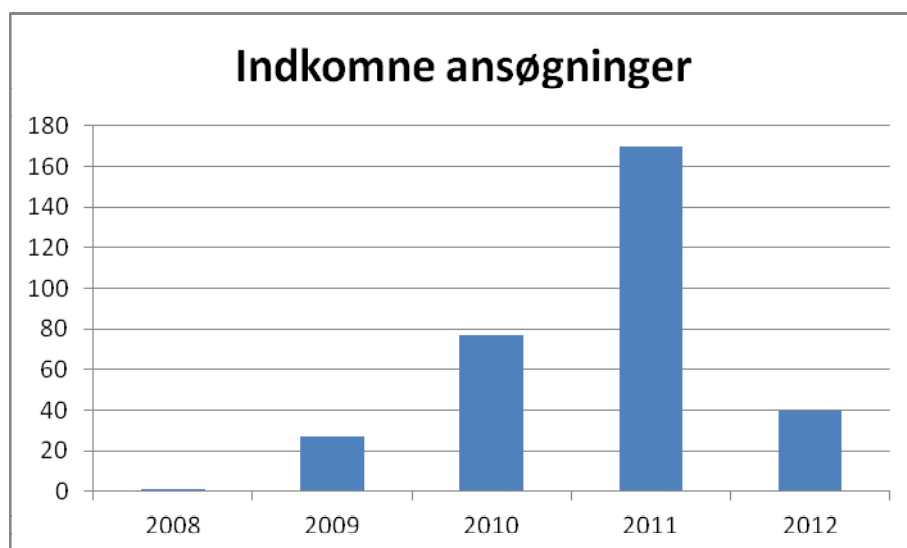
I den gældende spildevandsplan fra 2008 for Københavns Kommune, har man beskrevet, hvornår man vil have borgerne til at håndtere regnvandet lokalt:

"For alle nybyggerier, hvor grundarealet er større end 300 m², gælder dog, at tagvandet ikke ledes til kloaksystemet; men håndteres lokalt. Dette krav kan afviges, hvis der lokalt er forhold, der gør dette uhensigtsmæssigt".

Kommunen har desuden beskrevet LAR som en løsningsmulighed for klimatilpasning i "Københavns Klimatilpasningsplan" fra 2011.

RESULTATER

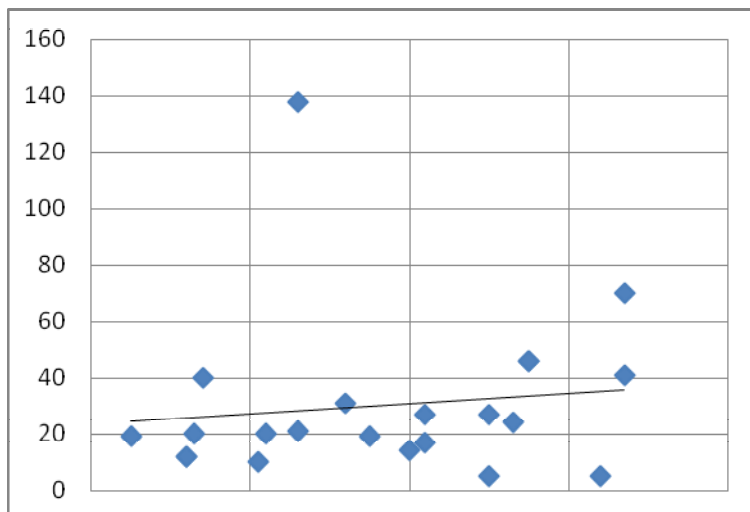
Oversigt over mængden af ansøgninger om tilladelse til at nedsive regnvand via faskiner, regnbede og anden nedsivning, der er kommet ind til Center for Miljø siden vi overtog sagsbehandlingen af ansøgninger i 2008, hvor der var en enkelt ansøgning. De 40 ansøgninger, som er anført for 2012 er for årets første 3 måneder, hvor antallet er det samme som i de samme måneder i 2011.



Figur 1. Indkomne ansøgninger om tilladelse til nedsivning af regnvand siden sagsbehandlingen blev placeret i Center for Miljø i 2008.

I perioden januar 2011 – marts 2012 er 12 sager (herfra 3 i 2012) endt med afslag eller med, at sagen er sat i bero, da ansøger ikke har leveret de oplysninger, som vi har efterspurgt for at få sagen fuldt oplyst.

Vi har desuden forsøgt at estimere, hvor lang sagsbehandlingstiden for ansøgningerne er i Københavns Kommune. Dette kan ses af nedenstående figur, hvor antal dage kan ses af y-aksen.



Figur 2. Sagsbehandlingstid for sager, der er afgjort i de første 3 måneder af 2012

Tilladelserne, der er givet i 2012, har gennemsnitligt været 30 dage undervejs. Såfremt den sag, der falder uden for normalen fratrækkes, kommer gennemsnittet dog ned på 25 arbejdsdage. Sagen med meget lang sagsbehandlingstid ændrede karakter flere gange og havde derfor ikke et typisk forløb.

DISKUSSION

Det er de enkelte kommuner, der kan bestemme, hvilken forurening de vil give tilladelse til via miljøbeskyttelseslovens § 19. Det er også de enkelte kommuner, som må bestemme, hvordan de risikovurderer ansøgninger om tilladelse efter miljøbeskyttelseslovens § 19.

Dette giver mulighed for store forskelle mellem, hvad de enkelte kommuner giver tilladelse til, hvilket er ganske naturligt. Det vigtigste er dog, at kommunerne er bevidste om, hvad de giver tilladelse til. I den nedenstående tekst beskrives de problemstillinger, som vi møder i Københavns Kommune, og de vurderinger vi typisk gør i forhold til problemstillingerne.

For at nedsivning af regnvand gennem overjorden til grundvandet kan finde sted på en miljømæssigt forsvarlig måde, stiller kommunen krav vedrørende **jordens forureningsstatus** og **indholdet af forurenende stoffer i spildevandet**, der nedsives.

Jordens forureningsstatus

Når man ønsker at foretage forceret nedsivning på et punkt eller i et område via eksempelvis faskiner, skal det sikres, at nedsivningen ikke påvirker en eksisterende forurening af poreluft, jord eller grundvand på en sådan måde, at foreningen spredes eller udgør en øget risiko for arealanvendelse, grundvandsressourcen eller recipienter.

Er der således kendskab til forurening eller kendskab til, at der har været eller er mulige potentielle forureningskilder på området, skal der som udgangspunkt foretages en forureningsundersøgelse og en risikovurdering af nedsivningen i forhold til undersøgelsens resultater.

Grundejer skal ligeledes oplyse om der er eller har været en nedgravet olietank på ejendommen og hvor denne er eller har været placeret.

I forbindelse med afklaringen om, hvorvidt der er behov for en forureningsundersøgelse, indhenter Center for Miljø, Københavns Kommune, oplysninger om arealets kortlægningsstatus, altså om arealet er forureningskortlagt på vidensniveau 1 eller 2. Endvidere har Center for Miljø, Københavns Kommune, en oversigt over gamle virksomheder i København. Oversigten gennemses i forhold til en vurdering af det aktuelle projekt. Udover kendte punktforureninger mv., har man i enkelte dele af København mange forureninger i et større område, hvilket kan være relevant i forhold til risikovurderingen af nedsivningen.

Oplysningerne er ikke fuldstændige og der er derfor behov for, at grundejer/ansøger oplyser om eventuelle forureningsforhold eller potentielle forureningskilder. Center for Miljø, Københavns Kommune, drøfter gerne dette med grundejer/ansøger.

Hvis Center for Miljø, Københavns Kommune, på baggrund af indhentede oplysninger vurderer, at der skal foretages en forureningsundersøgelse og risikovurdering på stedet hvor faskine eller lignende ønskes etableret, må grundejer/ansøger vurdere, hvorvidt ansøgningen ønskes opretholdt. Ønskes fortsat en tilladelse, skal grundejer/ansøger foranledige en forureningsundersøgelse og risikovurdering foretaget af et kvalificeret firma. Center for Miljø, Københavns Kommune, rådgiver gerne grundejer/ansøger om behovet for ekspertise mv. og går gerne i dialog i forhold til undersøgelsesprogrammet (omfang af undersøgelse, type af analyser mv.).

Som udgangspunkt må forventes, at der skal udføres én filtersat boring (til ca. fem til syv meters dybde), hvorfra der udtages én til to jordprøver samt én grundvandsprøve til analyse. I visse tilfælde kan der være behov for analyse af poreluften såvel som der kan være behov for at foretage yderligere undersøgelser. Oplægget til forureningsundersøgelsen skal drøftes med Center for Miljø, Københavns Kommune, forud for undersøgelsens gennemførelse.

Risikovurderingen danner baggrund for, om der gives tilladelse til nedsivningen eller om tilladelsen afslås.

Indholdet af forurenende stoffer i spildevandet

Det vurderes problematisk at nedsive urensset spildevand fra bl.a.:

- trafikerede veje
- p-pladser
- gårdarealer med diverse aktiviteter og med risiko for brug af pesticider og saltning
- belægningstyper med risiko for udvaskning af miljøfremmede stoffer

Indtil videre har København følgende retningslinjer, at vi ikke tillader nedsivning af urensset spildevand fra trafikerede veje, fra P-pladser eller gårdarealer. Typisk bruges eksempelvis miljøfremmede stoffer som pesticider og vejsalt på befæstede arealer. Problematiske belægningmaterialer er bl.a. asbest, kobber, zink, ældre glaserede tagsten og kunstgræsbaner/gummibelægningsmateriale. Uproblematiske er tegl, betontegl, skifer.

Indtil videre har vi desuden den retningslinje, at vi ikke tillader nedsivning ved kobber-, zink- og asbesttage. Det samme gælder for tagrender, hvor spildevand fra zink- og kobbertagrender ikke tillades nedsivet uden rensning.

KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

Københavns Kommune har valgt at fokusere på LAR i klimatilpasningen af spildevandshåndteringen. Dette fokus og mulighederne for at få dele af tilslutningsbidraget refunderet af for-

syningsselskabet har medført en stigning i antallet af ansøgninger om tilladelse til nedsivning af regnvand. Det er derfor kommunens opgave at sørge for, at etableringen af nedsivningsanlæggene sker efter gældende lovgivning og indenfor de retningslinjer, der er vedtaget i kommunen.

Til hjælp i den fremtidige sagsbehandling af ansøgninger om tilladelse til etablering af spildevandsanlæg til nedsivning af regnvand, ville det være formålstjenligt at få:

- undersøgt og efterprøvet forskellige rensningsmuligheder
- grundigt undersøgt miljøpåvirkninger af jord og grundvand fra eksisterende faskiner
- foretaget udvaskningstests fra diverse belægningstyper og løbende revurdere disse, når materialernes sammensætning ændres og hvis regnvandets kemiske egenskaber ændres

Det er vigtigt for vores arbejde med miljøbeskyttelse, at spildevandsplanlægningen ikke lægger op til løsninger, der erstatter et miljøproblem med et andet. Derfor er det vigtigt, at kommunerne kender de miljømæssige konsekvenser, af de tilladelser de giver og ikke blot holder fokus på de økonomiske konsekvenser for spildevandsforsyningerne ved at tillade at spildevandshåndteringen placeres lokalt i borgernes egne haver.

LOVGIVNINGSDREFERENCER

/1/ Bekendtgørelse af lov om betalingsregler for spildevandsforsyningsselskaber m.v., LBK nr 633 af 07/06/2010

/2/ Lov om vandsektorens organisering og økonomiske forhold, LOV nr 469 af 12/06/2009

/3/ Bekendtgørelse af lov om planlægning, LBK nr 937 af 24/09/2009

/4/ Bekendtgørelse af byggeloven, LBK nr 1185 af 14/10/2010

/5/ Bekendtgørelse af lov om naturbeskyttelse, LBK nr 933 af 24/09/2009

/6/ Bekendtgørelse af lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven), LBK nr 932 af 24/09/2009

/7/ Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, LBK nr 879 af 26/06/2010

/8/ Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4, BEK nr 1448 af 11/12/2007

FORSKNING, OVERBLIK OG PROJEKTER

Professor MSO Marina Bergen Jensen, KU Life

ATV JORD OG GRUNDVAND

LAR – Lokal afledning af regnvand

Møde 26. april 2012

RESUME

Klimatilpasning er for alvor kommet på dagsordenen i Danmark. I det følgende præsenteres tre hypoteser, der er under spirende eller fuld eftervisning i igangværende projekter. Hypoteserne er overvejende knyttet til byens naturgrundlag, og de muligheder der er for at bringe terrænforhold, jord, planter og mikroorganismer til at "arbejde for byen", og bidrage til at leve- re den ønskede klimarobusthed og bæredygtighed.

Artiklen bringer således ikke det fulde overblik, men giver et bud på i hvilken retning LAR- forskningen udvikler sig, samt en oversigt over Vand I Byer og Byer I Vandbalance projekter- ne.

NÅR EN SOMMERFUGL BASKER MED VINGERNE

7-9-13. I Danmark rammes vi typisk kun marginalt af de naturkatastrofer, krige og kriser, som TV og aviser fortæller om. Alligevel er der grund til at anlægge et globalt synspunkt, når det handler om omdannelse af danske byer til et ændret klima. For tingene hænger sammen. Koncentrationen af klimagasser i atmosfæren stiger fortsat; energi-, vand- og fødevarekri- serne er på ingen måde løst; økosystemer er brudt sammen; befolkningstallet stiger fortsat; og verdensøkonomien er i en så omfattende recession at det stiller spørgsmålstejn ved sel- ve den økonomiske vækstmodel, herunder bæredygtigheden af fortsat økonomisk vækst baseret på fossil energi. Verden har brug for gode løsninger, både politisk og teknisk. Det er derfor vigtigt at alle anstrenger sig for at skubbe udviklingen i en god retning, ud fra det stå- sted hver især har som person, som profession, og som nation. Og hvem ved? Den måde, som vi – *de danske vand-sommerfugle* – basker med vingerne på, kan måske starte en bøl- ge af gode løsninger, der ruller fra by til by i Danmark og vokser sig så stærk at danske me- toder og produkter efterhånden skyller over bygrænsen til Hamborg, Napoli, Dar es Salaam, Beijing, San Francisco, Mexico City, osv., og bliver en del af det globale svar.

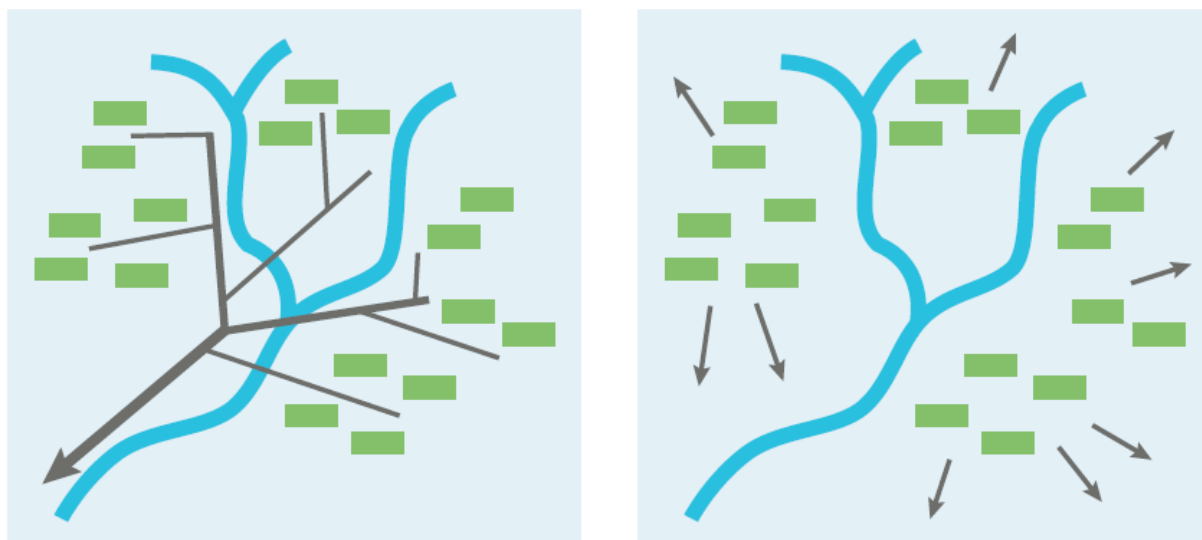
TRE HYPOTESER

Forskningens rolle er dels at beskrive og analysere hvad vi ser omkring os, dels at udvikle og dokumentere nye løsninger. Aktuelt er der på vandområdet i Danmark stor aktivitet omkring tilpasning af vores byer til et ændret nedbørsmønster. Samtidig, og integreret heri, fylder ar- bejdet med at begrænse byernes forurening af vandmiljøet fortsat meget. I det følgende ta- ges der udgangspunkt i tre vand-relaterede hypoteser for den gode by, der alle vurderes at have stor almen interesse og som enten er godt i gang med at blive eftervist eller på vej til at blive det. Ingen af de tre kan eftervises af en enkelt person, men kun gennem samarbejde på tværs af fagområder og institutioner, og først efter en længere årrække. Hypoteserne, der alle involverer LAR, er:

- I. En robust grøn infrastruktur kan bidrage signifikant til byens klimarobusthed og bære- dygtige udvikling
- II. Lukkede urbane vandkredsløb repræsenterer en ideal situation i de fleste byer, også danske
- III. Udviklingen af grønne job og grønne løsninger indebærer en stabilisering af økonomien og begrænser afhængigheden af fossil energi.

I: EN GRØN RYGRAD GENNEM BYEN

Som man kan læse om i Hanne Lindegårds ph.d.-afhandling fra 2001 blev den store beslutning om at indføre et centralt kloak- og vandforsyningsystem i København i midten af 1800-tallet truffet i løbet af en årrække og under involvering af en række forskellige discipliner. Disse hårde infrastrukturer, der som bekendt har betydet et enormt løft for sundhedstilstanden og hele komforten i byen, kommer i dag til kort på flere områder, bl.a. kan systemerne ikke kapere de voldsommere nedbørsmængder. Vi står derfor på ny i en situation, hvor beslutninger, der potentielt kan række langt ind i fremtiden skal træffes.



Figur 1: Illustration af princip bag konventionel kloakbaseret regnvandshåndtering (t.v.) og en alternativ eller supplerende LAR-baseret håndtering, hvor enkelte tage og vejarealer afkobles fra kloakken, og vandet håndteres gennem forsinkelse, nedsivning og fordampning (t.h.). I stedet for LAR blev betegnelsen "Landskabsbaseret regnvandshåndtering" benyttet i 2BG-projektet, for at understrege værdien af at arbejde med sammenhængende løsninger, på tværs af matrikler og skaleret til bydele/kloakoplande.

I forhold til klimatilpasningen er udfordringen dels at få styr på de mange kloakoverløb, dels at etablere fysiske strukturer til kontrol af ekstremregn, en såkaldt Plan B, idet skybrud ser ud til nu at optræde så hyppigt at de resulterende ukontrollerede oversvømmelser ikke kan accepteres. Mens den første del i princippet kan klares ved simpel udvidelse af de konventionelle kloakker, dvs. en opdateret Plan A, er behovet for fysiske strukturer til håndtering af ekstremregn nyt i en dansk sammenhæng, og først for alvor kommet på dagsordenen i 2011 i kølvandet på den store regn 2. juli. I begge situationer er muligheden for at udnytte byens grønne infrastruktur, dvs. haver, parker, rabatter, boldbaner, grønne tage, grønne facader, restarealer, osv., til at håndtere den ekstra nedbør, interessant. Byens grønne infrastruktur er en blød struktur, der ved hjælp af LAR-elementer, overløbsruter og oversvømmelsesområder, kan flettes sammen med den eksisterende hårde kloakinfrastruktur til en form for sort-grøn hybrid, der – i teorien i hvert fald – kan sikre opgradering af Plan A og indførelse af en Plan B.

I hvilken grad byens grønne infrastruktur, eller landskab, kan bruges til at tilpasse eksisterende byer til voldsommere nedbør er undersøgt i det netop afsluttede 2BG-projekt (www.2BG.dk, 2007 – 2012), Figur 1. Muligheden for at indføre LAR på bydelsniveau blev vurderet ud fra hydrologiske, miljøkemiske og byplanmæssige forhold. Resultatet er blandet. På lerede jorde med højtstående grundvand er jordens magasinkapacitet lille, og det kan

ikke udelukkes, at dersom et stort antal nedløbsrør drejes væk fra kloakken og ud mod grønne områder, vil der kunne opstå kritisk høje grundvandsniveauer. I andre områder, hvor grundvandet står lavere, ser der ikke ud til at være problemer. Modellen mangler dog kalibrering for aktuel dræntilstand, ligesom grundvandsstandens reelle niveau og respons på øget nedsivning er dårligt beskrevet i de fleste byer. Omkring vandets kvalitet har 2BG-projektet understreget et stort behov for mere viden ift. "alle tre aspekter", dvs. regnafstrømningens forureningsprofil, grundvandets og overfladerecipienternes sårbarhed, og mulighederne for at rense vandet. En konklusion er at nedsivning gennem vegetationsdækkede overflader alt andet lige er mere sikkert end nedsivning gennem faskiner, takket være overjordens filtreringsegenskaber. I forhold til byplanlægningen har 2BG-projektet på den ene side vist at regnafstrømningens værdi som kulturbærer og naturressource kan åbne døre og skabe plads til vandet også i de mere tætbebyggede kvarterer, og på den anden side at beslutningsprocessen er kompliceret, og kræver et godt netværk og delt viden på tværs af institutioner og discipliner, for at kunne lykkes. Samlet set har 2BG-projektet præciseret såvel muligheder som begrænsninger omkring LAR (se referenceliste), og de mange LAR-projekter, der i øjeblikket skyder op over hele landet (se f.eks. www.laridanmark.dk, initieret under 19K-projektet, www.19K.dk) viser at Danmark nu er i gang med en egentlig læreproces på det her område (Figur 2).

Spørgsmålet om Plan B har kun været berørt i mindre grad i regi af 2BG-projektet. Muligheden for at etablere en grøn rygrad i form af sammenhængende vegetationsdækkede arealer, placeret efter byens topografiske og recipientmæssige forhold, og indrettet med magasinerings- såvel som transportfunktion, er imidlertid yderst interessant. Dels fordi det nyopståede behov for skybrudsruiter er en mulighed for at gentænke selve byens grundplan, især hvis der arbejdes med synlige løsninger, dels fordi en grøn rygrad vil kunne bidrage positivt til løsningen af en række af byens øvrige udfordringer. Her tænkes på grønne arealer til leg og rekreation, grønne og sunde cykel- og løbestier, flere steder til naturen, køling på varme dage (dæmpning af varme-ø-effekt), m.v. En sådan tilgang undersøger Københavns Kommune i øjeblikket, i form af en blå-grøn strategiplan.

Figur 2: Der er endnu ingen der ved om LAR er svaret på danske byers problemer med kloakoverløb, men vi er godt i gang med at finde ud af det. Såvel private som offentlige aktører gør sig erfaringer. Her er det en andelsforening med 139 lejligheder på Vilhelm Thomsens Allé i Valby, der afkoblet al regnvand, og fundet plads til det på egen matrikel. Afkoblingen er sket i forbindelse med en gård- og kloakreovering. Foto: Niels Lützen.



IP01: Permeable Befæstelser

Permeable befæstelser yder som andre befæstelser et gå- og kørevenligt underlag, men tillader samtidig nedbøren af sive ned i jorden. Dermed er der mindre afstrømning fra den slags befæstelser sammenlignet med almindelige befæstelser. Hvis man samtidig indretter bærelaget til at kunne magasinere vand, kan al vand fra arealet, og evt. også fra naboarealer håndteres. Stabilt grus, der fremstilles i danske grusgrave, er det mest almindelige bærelagsmateriale i Danmark, men tåler ikke gennemsivning. I projektet afprøves derfor følgende tre alternative bærelag: granitskærver, DrænStabil®, og plastkassetter. DrænStabil® er under udvikling af NCC og IBF. Desuden indsamles state of the art viden fra udlandet.

IP02: Udvikling og dokumentation af nedsivningsløsninger med filterjord

Landskabsbaseret klimatilpasning indebærer at hustage og vejarealer frakobles kloakken og nedbøren i stedet håndteres ved forsinkelse og nedsivning lokalt. For at undgå grundvandsforurening er der behov for en effektiv rensning af vandet. Rensning gennem et lag "filterjord" udlagt som øverste lag i en grøft er udbredt i Tyskland, men renseevnen er ikke dokumenteret. Projektets formål er at dokumentere og optimere filterjord. Der er etableret et forsøgsfelt i Odense, se desuden boks 2.

IP03: Branding af LAR

Hjemmesiden www.larid danmark.dk er etableret som vidensdatabase for LAR-anlæg. Hjemmesiden vil i færdigudviklet form indeholde vejledninger, LAR-guide, videndeling fra danske anlæg, paradigmer for tilladelser, samt krav til registrering af LAR-anlæg.

IP05: Lad det regne med frøer

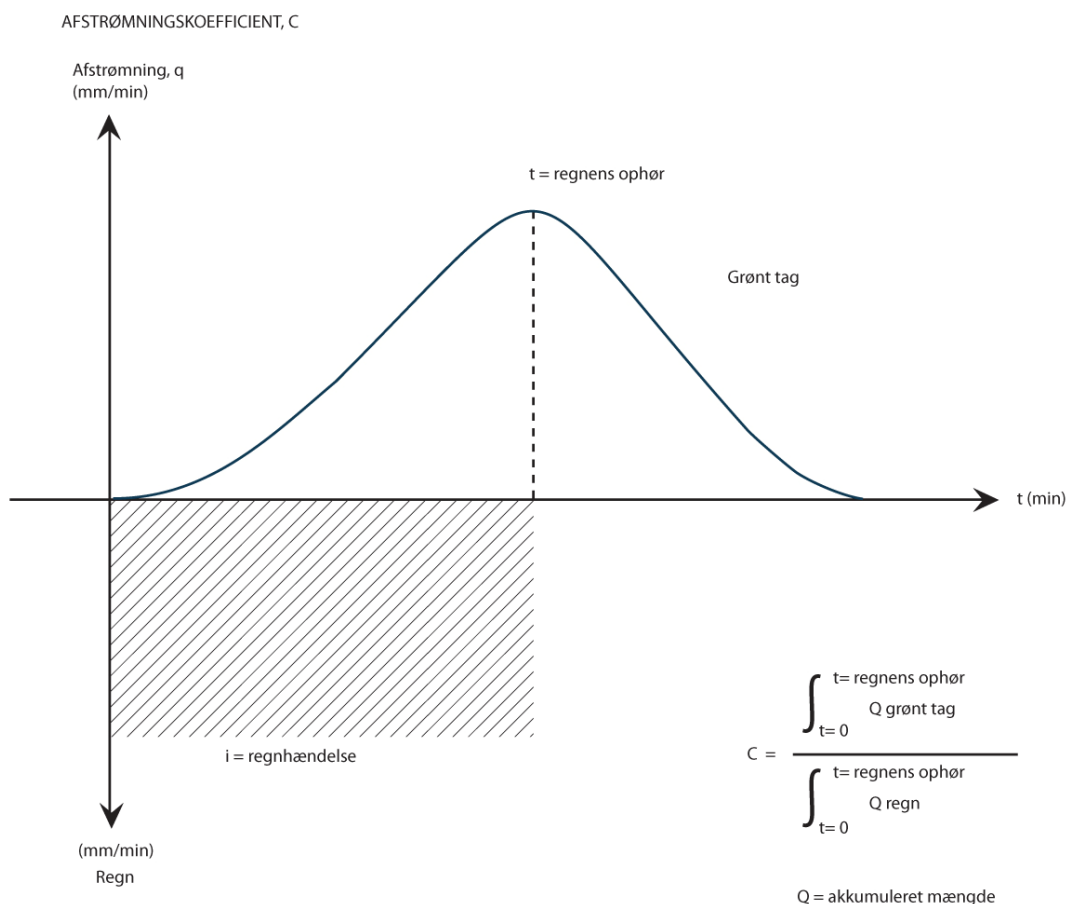
Landskabsbaseret klimatilpasning af eksisterende byer indebærer en betydelig terrænbearbejdning, der med en tværdisciplinær tilgang kan designes så vilkårene for naturen forbedres samtidig. På baggrund af fuldskalaforsøg i Allerød Kommune udvikles koncepter og designprincipper for hvordan forsinkelses-, rensnings- og nedsivningselementer kan anlægges og driftes, så kommunens strategi for biologisk mangfoldighed understøttes (Figur 3).

Figur 3:
Forsøgsområdet ved
Allerød, ca. 120 x 250
m, der p.t. består af
jævn fælled, med
antydning af
elementer til
kombineret
regnhåndtering og
biodiversitetsfremme.
Li Liu og Rikke Juul
Monberg.



IP07: Kan grønne tage tage vand?

Grønne tage kan tilbageholde og forsinke en andel af nedbøren, og bidrager dermed positivt til klimatilpasningen. Spørgsmålet er imidlertid hvor stor effekten er. I projektet vurderes grønne tages hydrauliske egenskaber, f.eks. afløbskoefficienten, og de resulterende værdier indarbejdes i diverse værktøjer til dimensionering af regnvandshåndteringssystemer, bl.a. DHIs software (Figur 4). Der foretages måling på et antal forsøgstage. Desuden indhentes state of the art viden omkring grønne tages byøkologiske funktioner generelt.



Figur 4: Afløbskoefficienten for grønne tage, og dens statistiske fordeling er en af de parametre projektet gerne skulle give svar på. Illustration: Lotte Fjendbo Møller, efter idé af Michael R. Rasmussen.

IP10: Regn med kvalitet

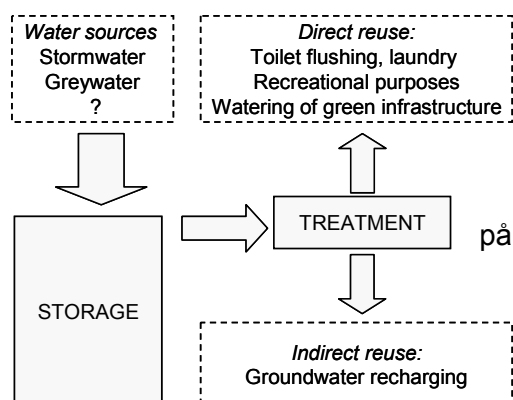
Landskabsbaseret regnvandshåndtering kan gøre danske byer mere klimarobuste, øge herlighedsværdier og forbedre vandkredsløbet. En stor udfordring er imidlertid at afløbets indhold af forurenende stoffer måske udgør en trussel mod grundvand og overfladerecipienter. Dette komplicerer beslutninger om LAR-anlæg, og afslører reel manglende viden og veldokumenterede renseløsninger. Projektets formål er for det første at løfte vidensniveauet hos alle aktører i forhold til 1) vurdering af forureningsniveau og risici, 2) overblik over rensemetoder og deres effektivitet, og 3) grundlag for udlednings- og nedsivningstilladelser. For det andet at udvikle en ramme for hvordan den igangværende læreproces omkring brugen af LAR kan fremmes uden at grundvands- og recipientbeskyttelsen sættes over styr.

Siden 2010 har en stor del af vandsektoren været samlet i det strategiske partnerskab Vand i Byer, ViB, (www.vandibyer.dk). Med en bevilling fra Rådet for Teknologi og Innovation i hånden har forskere og vidensmedarbejdere fra DTU, KU, TI, DHI, AAU, GEUS og AU fået mulighed for at indgå i innovationsprojekter (IP) omkring klimatilpasning af byer i såkaldte triple-helix-konstellationer med medarbejdere fra kommuner, virksomheder og forsyningsselskaber. I alt er der 12 iværksatte ViB-projekter og over 100 partnere i partnerskabet, der løber frem til 2015. En oversigt over de ViB-projekter, der vedrører LAR, fremgår af Boks 1.

II: LUKKEDE VANDKREDSLØB

Med et mere lukket vandkredsløb kan byens økologiske fodaftryk reduceres, for mindre vand skal hentes ind til byen udefra, og mindre spildevand lukkes ud. Samtidig kan byens sårbarhed over for evt. tørke og lille grundvandsdannelse mindskes. Dette er globalt gældende, dog er behovet for lukkede urbane vandkredsløb geografisk skævt fordelt. I Danmark er vi begunstiget af et relativt stort og stabilt nedbørsoverskud, der sikrer os en rigelig grundvandsforekomst, mens man eksempelvis i Beijing i Kina, for hvilket det gælder at ca. 1/3 af byens vandforsyning er baseret på grundvand, oplever faldende grundvandsspejl, i alt over 20 m siden slutningen af 1970'erne, og en synkningsrate på i øjeblikket 1,9 m/år. Til trods for den gode grundvandsforsyning i Danmark har hovedstaden en målsætning om at hæve andelen af sekundavandsbaseret vandforsyning fra de nuværende 2 % til 4 % i 2020, og dermed gradvist sænke byens afhængighed af fjerntliggende grundvandsmagasiner. Tilsvarende tænkning synes at spire frem også i Københavns Vestegnskommuner, bl.a. i Brøndby hvor boligselskaberne bag Brøndby Strand (5 højhuse, ca. 10.000 beboere) i forbindelse med en renovering af VVS-systemerne trækker et lilla rør til alle lejligheder, beregnet til fremtidig sekundavandsforsyning.

Det mulige skifte fra dagens lineære vandsystemer til fremtidige mere cirkulære systemer (Figur 5) arbejdes der med i innovationskonsortiet Byer i Vandbalance, BiV (www.byerivandbalance.dk). BiV tager udgangspunkt i klimatilpasning, men bruger visionen om det lukkede urbane vandkredsløb som fundament og rettesnor for løsningerne. Fokus er øget grundvandsdannelse og bedre vandføring i bynære vandløb. I samme øjeblik man taler om at opsamle regnafstrømning for at bruge det som direkte forsyningsvand til boligerne eller til indirekte at forbedre den lokale vandbalance gennem styret nedslivning, kommer spørgsmålet om vandets kvalitet ind i billedet. Derfor arbejdes der også med vandkvalitet i BiV. Se Boks 2 for en oversigt over delprojekter i BiV.



Figur 5: Klimatologerne varsler både kraftigere nedbør og øget risiko for tørke. Klimatilpasningen handler derfor ikke kun om at undgå oversvømmelser, men også om at gemme vandet til tørkesituationen.

I fremtidige projekter kan man forestille sig koblingen mellem regnvand og vandforsyning udvidet til også at omfatte andre typer sekundavand, f.eks. gråvand fra boliger.

BOKS 2: Oversigt over BIV-projekter:

Innovationskonsortiet Byer I Vandbalance omfatter Per Aarsleff, Wavin, Orbicon, Københavns Kommune, Københavns Energi, Odense Kommune, Vandcenter Syd, Århus Kommune, Århus Vand, Spildevandscenter Avedøre, DTU, DHI, GEUS, KU og TI. Konsortiets formål er at forbedre danske byers vandbalance og at styrke danske virksomheders position på det internationale marked for klimatilpasning og bæredygtig forvaltning af ferskvandsressourcen, ved at udvikle et koncept for urbane vandsystemer (drikkevand, spildevand, naturlige vandelementer), der opererer på by- eller deloplandsniveau, og som imødekommer den universelle ideal-situation, for hvilken det gælder:

- at byens vandforsyning baseres alene på recirkulering af vand samt udnyttelse af vand der dannes inden for bygrænsen (indstrømmende grundvand og overfladevand, opsamlet regnvand)
- at kvaliteten af vand der udledes fra byen er mindst lige så god som kvaliteten af det vand, der ankommer til byen
- at byen etablerer en stærk grøn struktur i og omkring byen til håndtering af vandkredsløbet, dæmpning af klimaforandringer, understøttelse af biodiversitet, og som element i byboernes velbefindende.

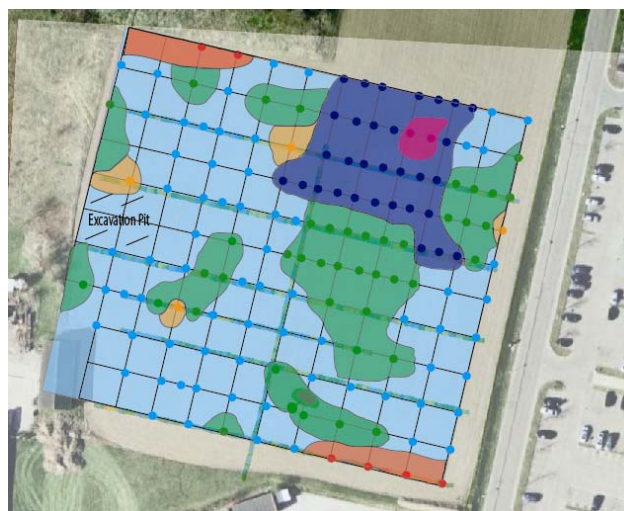
Konceptet skal efterprøves i fysiske 1:1 anlæg for følgende udvalgte aspekter

- effektivisering af nedsivningsanlæg for regnafstrømning via udnyttelse af jordens geomorfologiske variation
- forbedring af vandføring i indvindingsramte bynære vandløb via bedre magasinering og kontrolleret udsivning af regnafstrømning fra byen
- forøgelse af kloakkapacitet via lokal afkobling, transport, magasinering, rensning og efterfølgende håndtering i grøn struktur.

Effektiv og styret nedsivning ved hjælp af ”Frække Faskiner”

Hele Østdanmark er dækket af moræne, der som bekendt har stærkt varierende hydraulisk ledningsevne indenfor korte afstande (Figur 6). Hvis vi ved hjælp af geologiske kortlægningsmetoder kan opnå information om tekstur, sprækker, sandlommer, umættede zoner, højerpermeable lag m.v. kan nedsivningsanlæg placeres derefter. Jo hurtigere et nedsivningsanlæg tømmes, desto mindre areal skal benyttes og desto mere effektiv grundvandsdannelse kan der opnås. Der udføres feltforsøg ved TI med postevand. Udover morfologisk variation undersøges betydningen af smearing og overfladeareal for tømningshastighed af faskiner.

Figur 6: Kortet viser den observerede geologiske variation inden for testarealet á 100 m x 100 m, spændende fra ferskvandsler til lerblandet sand. Illustration: Britta Bockhorn og Knud Erik Klint.



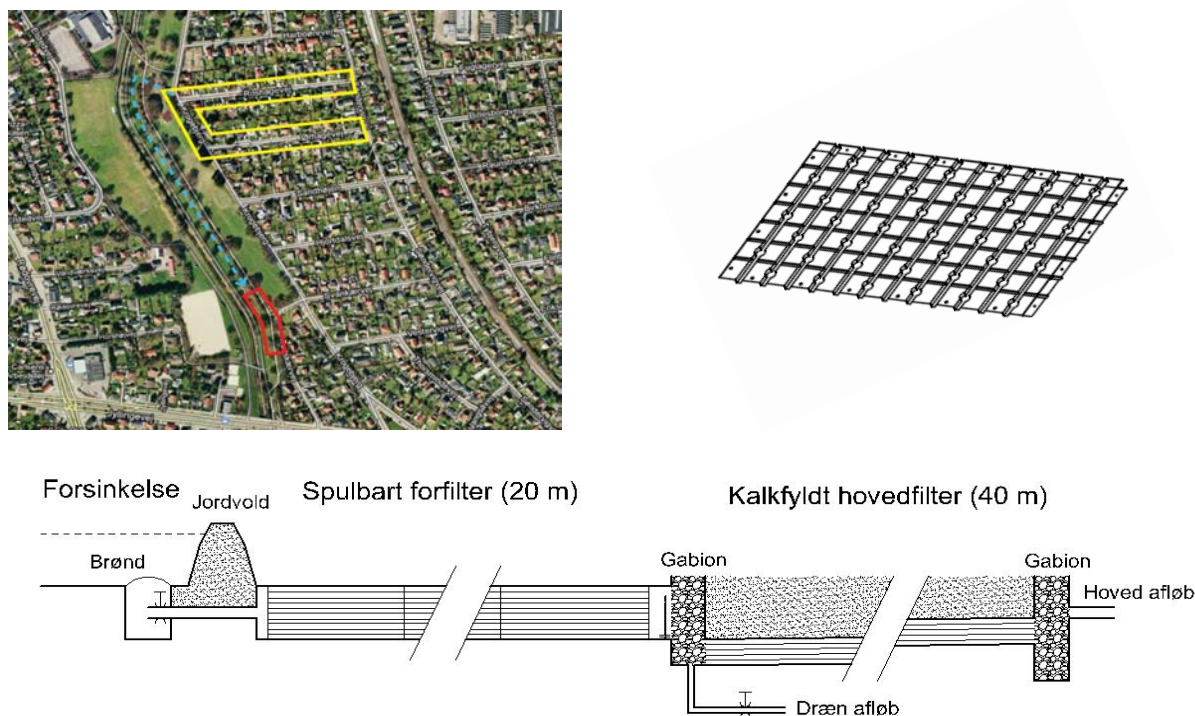
Resultatet fra Teknologisk Institut tænkes afprøvet i en reel kontekst til forsinket og styret udsivning via udvalgte jordlag til Beder Å, samt til effektiv nedsivning af regnafstrømning fra separatkloakeret område i Maarslet, i begge tilfælde efter passende rensning af vandet.

Ellesump og eng som forsinkelsesbassin

I Odense fokuseres på muligheder for at benytte eksisterende naturtyper som forsinkelsesområde for regnafstrømning fra separatkloakeret opland før udledning til Ryds Å. Spørgsmålet er om naturtyperne kan tåle regnafstrømningen, eller om der er behov for en form for rensning. Derudover handler projektet hvordan negative effekter monitoreres

Afkobling af veje

Mellem 1/3-del og halvdelen af det befæstede areal i en by består af veje. Vejafstrømningen udgør derfor betydelige mængder, både i forhold til en klimatilpasningssituation og i en evt. frsyringssituation. Veje er typisk lettere at gå til end tage på private ejendomme, for ejerforholdene er mindre komplicerede. Til gengæld er kvaliteten af regnafstrømning fra veje typisk betydeligt værre end fra tage. I både Brøndby og København gennemføres forsøg med transport af regnafstrømning på vejene og enten rensning i filterjord placeret i et antal regnbede anlagt i vejen, efterfulgt af nedsivning og/eller afløb til kloak, eller rensning i et dobbeltporøst filter (DPF) efterfulgt af udledning til Harrestrup Å (Figur 7).



Figur 7: Forsøg med afkobling af veje i Husum, København. Luftfoto: Tre veje tænkes afkoblet (liggende U), og regnafstrømningen ført til eksisterende grøft i Krogebjergparken, der indrettes til forsinkelsesbassin (stiplet linje), hvorfra det efter rensning i et dobbeltporøst filter placeret i den sidste del af grøften (knækket rektangel) udledes til Harrestrup Å. Til højre: Principskitse af DPF-plader. Nederst: Længdesnit af DPF-anlægget. Illustrationer: Ole Fryd, Wavin, og Per Bjerager.

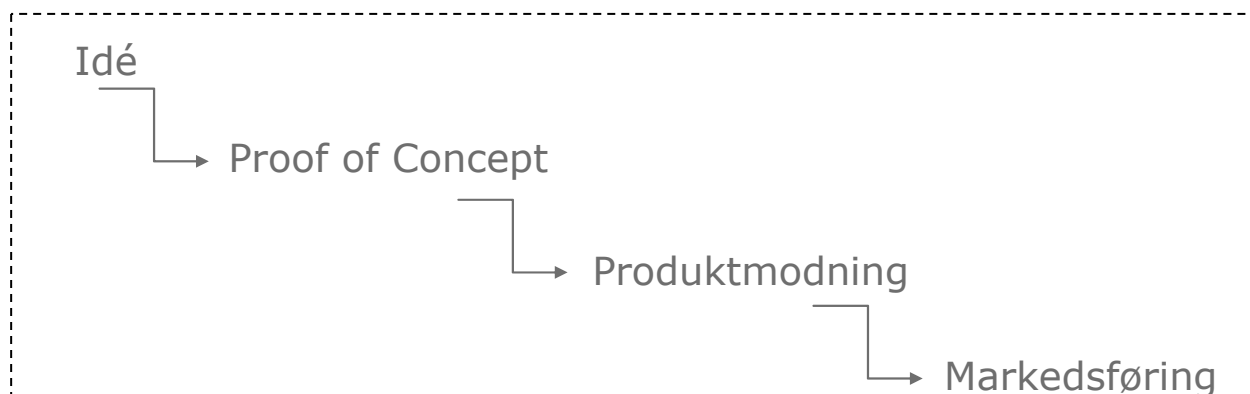
III: GRØNNE JOB OG GRØNNE PRODUKTER

Transformation af eksisterende byer til bæredygtige og klimarobuste enheder er en omfattende opgave. Løsningen kræver dels en stærk politisk og økonomisk ramme, dels stor innovationskraft. Det er derfor oplagt at tænke opgaven sammen med Green Growth, således at samfundets investering i egen bæredygtighed og klimarobusthed tjenes hjem igen gennem salg af løsninger til udlandet, og dermed fastholdelse af job i Danmark. De to ovennævnte projekter, ViB og BiV, hviler begge på denne antagelse, og derfor står udvikling af fysiske løsninger såvel som forretningsplaner centralt i begge.

I både BiV og ViB udvikles løsninger i triple-helix konstellationer, dvs. i et samarbejde mellem virksomheder, offentlige institutioner og forskere. Mens forskernes opgave er at bidrage med generel viden om bæredygtige og klimarobuste løsninger, og undersøge om løsningerne virker, er det de kommunale forvaltere, både kommuner og forsyningsselskaber, der skal sørge for at efterspørge de for byen rigtige løsninger. Virksomhederne bidrager med produktviden og har derudover til opgave at sørge for at projektets resultater omsættes til sorte tal på bundlinjen.

For vandsektoren gælder det specielle forhold at selve den struktur, der skal transformeres, består af unikke og store infrastrukturelementer (kloak og vandforsyning), der planlægges og forvaltes af kommune og kommunalt ejede aktieselskaber i form af forsyningsselskaberne. Det betyder at hvis Danmark skal transformeres på en innovativ og jobskabende måde, er der nødt til at være et innovationsvindue hos kommuner og forsyningsselskaber, herunder plads til at ethvert forsøg kan gå galt og skal laves om. I regi af innovationsnetværket 19K (www.19K.dk), der i 2008-2009 samlede ca. 25 kommuners spildevandsfolk for at beskrive og initiere den nødvendige innovation, blev det konkluderet at innovation kræver følgende tre ting for at kæden kan holdes ubrudt fra en ide fødes til et nyt produkt kan krydses af i kataloget (Figur 8):

- Visioner, der er så stærke at de kan holde til modstanden, der følger i deres kølvand
- Frontviden, for som Louis Pasteur sagde: "Heldet følger kun den, der er forberedt" (chance favors only the prepared mind)
- Netværk, så mange hjerner og aktører kan smelte sammen til en superhjerne med bedst mulig adgang til ressourcer og forsøgsarealer.



Figur 8: For at skumme Green Growth produkter af transformationen af danske byer til større klimarobusthed og bæredygtighed kræver det at innovationskæden kan holdes ubrudt. Især proof of concept kræver stor fleksibilitet, for her skal der typisk arbejdes med den eksisterende infrastruktur.

Backhaus, A. and Fryd, O. (in press). Large scale design for landscape based stormwater management - lessons learned from a case study in Copenhagen. *Environment and Planning B: Planning and Design*: Accepted.

Birch, H., Gouliarmou, V., Lützhøft, H.-C.H., Mikkelsen, P.S., and Mayer P. 2010. Passive dosing to determine the speciation of hydrophobic organic chemicals in aqueous samples. *Analytical Chemistry*, 82: 1142-1146.

Ingvertsen, S.T., Jensen, M.B., and Magid, J. (2011). A minimum data set of water quality parameters to assess and compare treatment efficiency of stormwater facilities. *Sideantal 15. Journal of Environmental Quality*, 40(5): 1488-1502.

Jeppesen, J., Christensen, S., and Ladefoged, U. 2011. Modelling the historical water cycle of the Copenhagen Area 1850-2003. *Journal of Hydrology*, 404: 117-129.

Roldin, M.K., Binning, P., Kuczera, G., Mikkelsen, P.S. and Mark, O. (2012). Representing soakaway infiltration devices in distributed urban drainage models – upscaling from individual allotments to an aggregated scale. *Journal of Hydrology*, 414 (1): 530-538.

LAR UD FRA ET SAMFUNDSØKONOMISK PERSPEKTIV

Lektor Karsten Arnbjerg-Nielsen, DTU Miljø

ATV JORD OG GRUNDVAND

LAR – Lokal afledning af regnvand

Møde 26. april 2012

RESUMÉ

Der er stor interesse for etablering af LAR-anlæg i Danmark, især i form af nedsivningsanlæg, der etableres hos hver enkelt lodsejer. Indlægget diskuterer forskellige principper, som kan benyttes i forbindelse med at analysere disse anlæg, især i eksisterende byområder. Ud fra et traditionelt afløbsteknisk synspunkt er det økonomisk set en dårlig ide at etablere sådanne anlæg, fordi udgiften som de enkelte lodsejere pålægges er væsentligt højere end den besparelse, som kommuner og forsyningsselskaber opnår. Ved en systematisk planlægningsindsats er det i mange tilfælde muligt at etablere løsninger, der samlet set er mere optimale end både nedsivningsløsninger og kloakrør.

INDLEDNING

Begrebet LAR blev i 1992 introduceret i Danmark som en forkortelse for Lokal Afledning af Regnvand /1/. Metoder til dimensionering af LAR-anlæg er fastlagt blandt andet gennem Spildevandskomiteens skrifter, ligesom der er udgivet regneark, der ud fra den seneste bearbejdning af nedbørsdata kan beregne den nødvendige størrelse af anlæggene /2,3/. Anlæggene blev introduceret som alternativer til etablering af regnvandsbassiner, og det blev påvist, at der var en miljømæssig fordel i form af f.eks. mindskede udledninger af fosfor i forhold til etablering af regnvandsbassiner i fællessystemer.

I årene efter har der været lavet mange undersøgelser af mulighederne for etablering af LAR-anlæg i Danmark. I forhold til antallet af undersøgelser er der dog kun etableret få anlæg, og som regel kun i nye udstykninger. Internationalt har udbredelsen også været relativt lille, men har dog i nogle lande vundet noget større udbredelse end i Danmark.

FORMÅL

På DTU har vi iværksat en række undersøgelser for at klarlægge, hvordan det er muligt at sikre byer bedre mod oversvømmelser. I den sammenhæng nævnes LAR hyppigt som en mulig løsning. Et vigtigt delformål er derfor at undersøge, under hvilke forhold LAR-anlæg er økonomisk fordelagtige at etablere i forhold til andre typer af tiltag.

METODE

Dimensioneringsprincipper

LAR-anlæg kan dimensioneres til såvel miljøformål som til sikring mod oversvømmelse. Kravene til størrelse er vidt forskellige afhængigt af formål. LAR-anlæg som dimensioneres til miljøformål håndterer op mod 95 % af årsmiddelnedbøren. Imidlertid giver et sådant anlæg kun en meget ringe beskyttelse mod oversvømmelse, idet det er fuldstændigt fyldt flere gange om året og derfor er alt for små til at indeholde vandet fra de oversvømmelsesgivende hændelser. Et nyanlagt kloakanlæg bliver i gennemsnit kun overbelastet ca. hvert 80. år på det mest sårbare sted. En faskine med samme sikring skal være ca. 5 gange større end en faskine, der "kun" skal give en miljømæssig fordel.

Økonomisk metode og barrierer

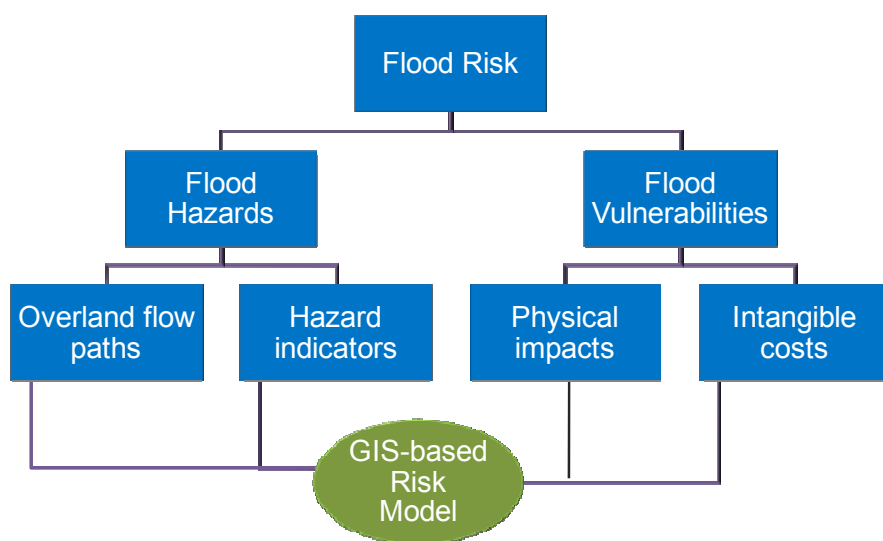
I en dansk kontekst har LAR primært været tolket som anlæg, som private lodsejere etablerer og driver for egne midler, i modsætning til fælles anlæg, som etableres og drives af et forsyningsselskab (dvs. kommunerne før vandsektorloven blev vedtaget). En væsentlig barriere for implementering af LAR er, at et juridisk responsum fastslog, at borgere ikke kunne blive påbudt at etablere LAR-anlæg på egen grund uden at blive kompenseret for at miste

retten til afledning af regnvand. Eventuelle LAR-anlæg skulle derfor enten etableres frivilligt eller som anlæg, som forsyningsselskabet (tidligere kommunen) anlagde og driftede. Hverken lodsejere eller forsyningsselskaber har hidtil fundet disse løsninger attraktive.

I nærværende artikel fokuseres på samfundsøkonomiske forhold, det vil sige de løsninger, som samlet set vurderes at være optimale. Det er ikke nødvendigvis de løsninger, som er billigst for de største aktører, kommuner og forsyninger. Udtrykt meget simpelt skal besparelsen som kommuner og forsyninger opnår ved at etablere LAR-anlæg i stedet for større kloakker være større end den udgift, som de enkelte lodsejere pålægges.

Alternativer til LAR anlæg

Traditionelt vurderes LAR-anlæg udelukkende i sammenligninger med kloakløsninger, og ofte vurderes kun disse to metoder i forbindelse med håndtering af regnvand i byer. Imidlertid er det en grov forenkling. Det vil i mange tilfælde være muligt at anvende andre metoder, herunder anlæg, der drives på oplandsniveau, men som fungerer som kombinerede opsamlings- og opmagasineringsanlæg, ligesom små oversvømmelser og vand på byens overflader ikke altid medfører skader. En systematisk metode til at analysere forskellige muligheder er gennemgået af Zhou *et al.* /4/. Princippet er baseret på traditionel risikoanalyse, hvor såvel sandsynlighederne for oversvømmelse som de økonomiske konsekvenser indgår, kombineret med en fremskrivning af ændringer i nedbør som følge af klimændringer og mulige tilpasningstiltag indgår. Princippet er illustreret i Figur 1.



Figur 1. Princip for samfundsøkonomisk vurdering af forskellige muligheder for håndtering af nedbør i en risikoanalyse.

RESULTATER OG DISKUSSION

Der er til brug for dimensionering af LAR-anlæg i Danmark udviklet et regneark som vist på figur 2. Regnearket anvender de nyeste regndata og metoder, som er udgivet af Spildevandskomiteen. Til dimensionering til miljøformål kan gentagelsesperioden sættes til ca. 0,4 – 0,6 år, mens nye kloakker har en gentagelsesperiode på 70 – 100 år.

Indtast blå og røde tal i kolonne B.
Derefter tryk på knappen "Beregn"

Beregn

Beregningsstik	Vol m³	Dræn kap l/s
Faskine	OK	19.9249
Regnbed	OK	19.3967
Grøft	OK	21.953
Perm. bel.	OK	42.6504

Volumen overvurderes for meget små afløbstal (under 0.5)

Hjælpstørrelser, faskine

Opstuvningsvolumen	19.92	[m³]
Faskine volumen	20.97	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart	79.70	[mm]
Regn, der siver pr døgn	7.70	[mm/døgn]
Tømmetid	248 timer	8.95E+05 [s]
Afløbstal	8.91E-01	[l/sek/ha]

Hjælpstørrelser, regnbed

Opstuvningsvolumen	19.40	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart	67.16	[mm]
Regn, der siver pr døgn	11.61	[mm/døgn]
Tømmetid	139 timer	5.00E+05 [s]
Afløbstal	1.34E+00	[l/sek/ha]

Hjælpstørrelser, grøft

Opstuvningsvolumen	21.95	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart	64.99	[mm]
Regn, der siver pr døgn	12.56	[mm/døgn]
Tømmetid	124 timer	4.47E+05 [s]
Afløbstal	1.45E+00	[l/sek/ha]

Hjælpstørrelser, perm. belægning

Opstuvningsvolumen	42.65	[m³]
Regn, der holdes umiddelbart	42.65	[mm]
Regn, der siver pr døgn	34.56	[mm/døgn]
Tømmetid	30 timer	1.07E+05 [s]
Afløbstal	4.00E+00	[l/sek/ha]

Figur 2. Regneark til dimensionering af typisk forekommende LAR-anlæg. Regnearket kan downloades via www.ida.dk/svk jf. /3/

Udenlandske erfaringer

Især i USA, Australien, Holland, England og Sverige har man systematisk promoveret LAR anlæg under navnene LID (Low Impact Development), WSUD (Water Sensitive Urban Design) og SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems). Kendetegnende for disse lande er, at der er særlige forhold, der gør, at LAR-anlæg er mere attraktive end i Danmark. For USA og Australien gælder, at disse lande i høj grad er vandlidende, og at der derfor er et stort behov for at opsamle regnvand til f.eks. rekreative anvendelser, fordi der er restriktioner på brugen af vand med drikkevandskvalitet. I Holland er kloaksystemer meget store, fordi landet er fladt, og dermed er den økonomiske balance mellem tilbageholdelse af vand i LAR anlæg og transport af vand i kloakker markant anderledes. I England er den primære motivation, at det er vanskeligt at skaffe finansiering til infrastruktur generelt, herunder kloakker, og dermed ses LAR anlæg som det muliges kunst. For Sverige er der ingen særlige forhold i forhold til Danmark. I Sverige er den primære motivation således en vision om, at vandet skal bruges i byrummet, hvilket også er en meget væsentlig del af visionerne i Australien /5, 6/.

Der skal således findes en metode, der kan inkludere sådanne værdier i den ramme, som er diskuteret af Zhou *et al* /4/, og hvor LAR-begrebet gøres mere fleksibelt. En måde at gøre det

på er at anvende en økonomisk ramme, hvor den samfundsmæssige værdi af kunne håndtere større vandmængder i byer måles på både hverdageffekter, effekter på dimensioneringsregn og på meget ekstreme hændelser. Princippet er skitseret i Tabel 1. De case studier, vi har gennemført på DTU, tyder på, at hvis man vælger en traditionel sektortilgang til afvanding af byer er det billigst at håndtere større vandmængder med større rør og bedre beredskabsplanlægning. Men for samfundsøkonomien kan der i nogle tilfælde være større værdi ved at anvende landskabet til afvanding af nedbøren. Det kan måles som en tilvækst i f.eks. boligpriser eller fald i udgifter til udbedring af hærværk eller lignende. Et konkret eksempel på en vellykket anvendelse af de mere brede analyser er byområdet Augustenborg i Malmø.

Tabel 1 – Angivelse af økonomisk potentiale ved valg af forskellige metoder til afledning af regnvand. Antallet af plusser angiver hvor fordelagtig metoden er.

	Daglig værdi Gentagelsesperiode op til ca. 0,5 år	Dimensionering Gentagelsesperiode mellem 2 og 30 år	Ekstremer Gentagelsesperioder over 100 år	Samlet Kloaksektor / samfund
Kloakker	0	+++	++	++++ / +++
Nedsivning på enkeltejendomme	0	+++	+	++ / ++
Overfladisk afstrømning	+++	+++	++	++ / ++++

KONKLUSION OG PERSPEKTIVERING

En væsentlig del af klimatilpasning af byer består i at gøre dem mere robuste overfor ekstreme regnhændelser. Hvis man vælger en traditionel sektortilgang er de hyppigst betragtede løsninger lokal nedsivning på hver lodsejers grund eller opgradering af kloaksystemet. Med denne systemtilgang er traditionel kloakering i form af rør som regel billigst. Kommuner og forsyningsselskaber kan godt have en økonomisk fordel af lokal nedsivning, men lodsejerne får større udgifter end de beløb, som de professionelle aktører sparer. Men sektortilgangen er ikke altid optimal, idet nogle effekter ikke medtages i optimeringen. Der er derfor behov for et bedre samarbejde om hvordan afstrømning af nedbør kan integreres bedre i den øvrige byplanlægning.

I partnerskabet Vand I Byer (www.vandibyer.dk) prøver vi at introducere begrebet Landskabsbaseret Anvendelse af Regnvand for at understrege, at LAR-anlæg skal gavne lokalområderne og bidrage til en mere synlig og rekreativ brug af vand.

REFERENCER

- /1/ Jacobsen, P., Mikkelsen, P.S., Anthonisen, U., Faldager, I., og Hovgaard, J. (1992): Lokal Afledning af Regnvand. Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen nr. 36, Miljøstyrelsen, København. Downloaded 11. april 2012 fra <http://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/1992/87-7909-271-3/pdf/87-7909-271-3.pdf>
- /2/ Petersen, C.R., Jacobsen, P., Mikkelsen, P.S. (1994). Nedsivning af regnvand – dimensionering. Spildevandskomiteen, Ingeniørforeningen i Danmark. Downloaded 11. april 2012 fra <http://ida.dk/netvaerk/fagtekniskenetvaerk/energimiljooguland/spildevandskomiteen/Documents/Nedsivning%20af%20regnvand%20-%20dimensionering.pdf>

- /3/ Aabling, T., Gabriel, S., Arnbjerg-Nielsen, K. (2011): Dimensionering af LAR-anlæg. Spildevandskomiteen, Ingeniørforeningen i Danmark. Notat og regneark downloaded 11. april 2012 fra http://ida.dk/netvaerk/fagtekniskenetvaerk/energimiljooguland/spildevandskomiteen/Documents/SVK_LAR-Dimensionering_v1_0.pdf
- /4/ Zhou, Q., Mikkelsen, P.S., Halsnæs, K., Arnbjerg-Nielsen, K. (2012): Framework for economic pluvial flood risk assessment considering climate change effects and adaptation benefits. *Journal of Hydrology*, 414-415, 539-549. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.11.031
- /5/ Stahre, P. (2006). Sustainability in Urban Storm Drainage. Planning and examples. *Svenskt Vatten*
- /6/ Wong, T.H.F., Brown, R.R. (2009). The water sensitive city: Principles for practice. *Water Science and Technology*, 60, 3, 673-682.

HÅNDTERING AF REGNVAND I BYENS OVERFLADE - EKSEMPEL FRA AALBORG

Teamchef Jan Scheel, NIRAS A/S

ATV JORD OG GRUNDVAND

LAR – Lokal afledning af regnvand

Møde 26. april 2012

RESUMÉ

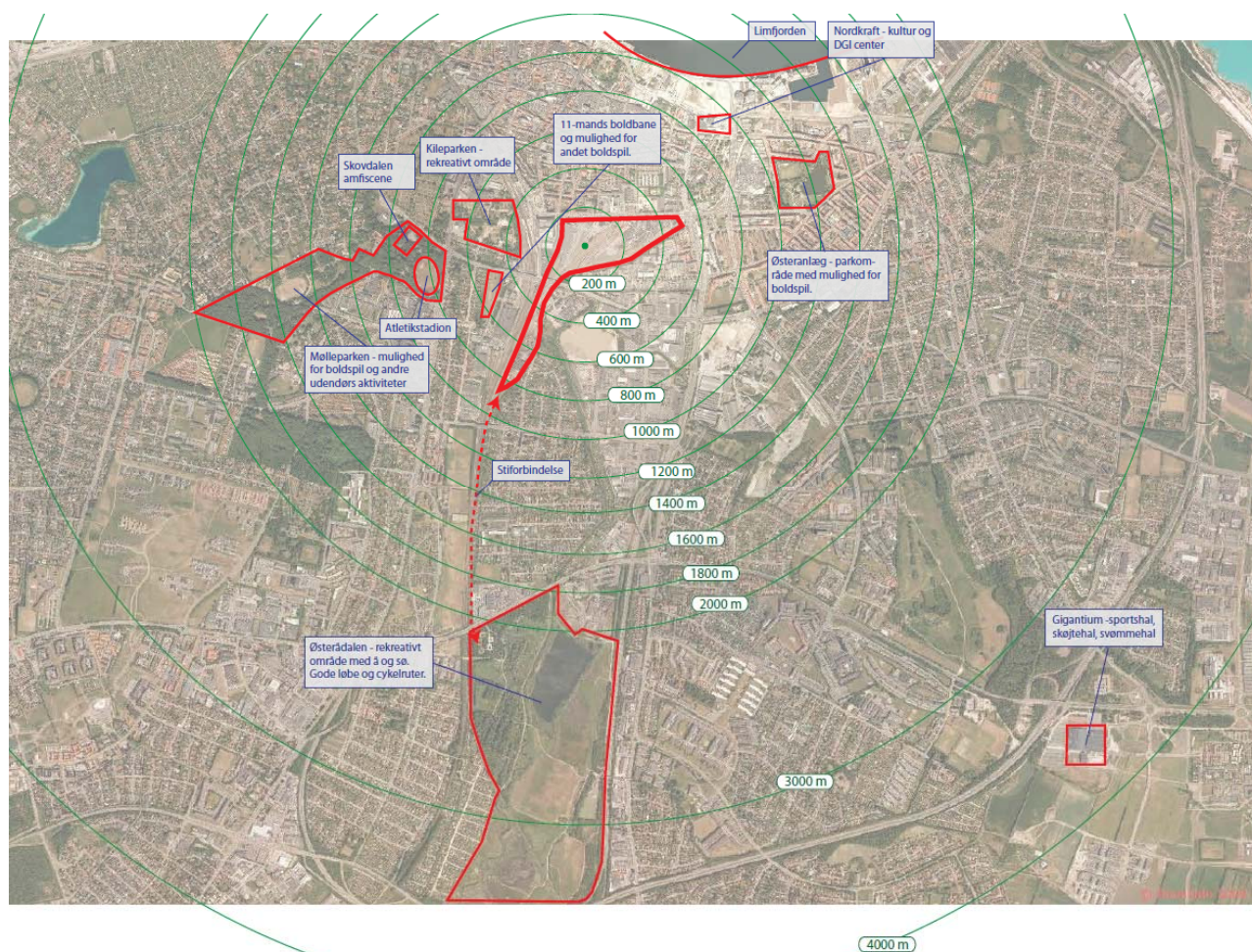
Omdannelse af Aalborg Godsbaneareal er et eksempel på klimatilpasning i den eksisterende by. I projektet har der været et tæt samarbejde mellem bygherre, kommune, arkitekt og rådgiver, for at finde de løsninger, der med behørig respekt for de historiske værdier området indeholder, har kunnet finde balancen mellem en funktionel by og et voksende behov for at opmagasinere overfladevand i byrummet, i særdeleshed ved ekstremregn.

Projektet har gennem det meste af projekteringsforløbet været meget dynamisk, og det har været nødvendigt at justere, korrigere og have en høj grad af åbenhed for alle fagligheder, for at finde bedst bedste løsninger.

Det er lykkedes at lave en løsning, der sikrer borgerne mod oversvømmelse, langt bedre end den omkringliggende eksisterende by. Det er ligeledes lykkedes, at lave en afvandingsløsning, der er fleksibel overfor en potentiel åbning af Øster Å, der fremtidig vil kunne strømme gennem den nye bydel, med store rekreative gevinster for borgerne, såvel i selve området, men ligeledes i den omkringliggende by.

INDLEDNING OG BAGGRUND

Aalborg Godsbaneareal er placeret centralt i Aalborg by, som det er vist på nedenstående figur.



I det følgende vil de overordnede rammer for afvandingsløsningen for Aalborg Godsbanearreal som helhed blive præsenteret og derefter vil afvandingsløsningen for delområde Jernbaneparken blive præsenteret i detaljer, hvilket omfatter den nordvestlige del af område, som omfatter etape 1 og 2 af projektet (er i anlægsfasen).

Lokalplan 1-1-110 fra Aalborg Kommune opstiller rammerne for afvandingsløsningen, der indeholder en bæredygtighedsstrategi, hvor blandt andet integration af LAR-løsninger (Lokal Afledning af Regnvand) herunder grønne tage, bliver taget i anvendelse. Det er yderligere hensigten, i størst muligt omfang, at integrere grønne områder og landskabet som et naturligt element i lokalplanområdet.

Ud over målsætningen om integration af det blå/grønne element, er der en række målsætninger/visioner, herunder fastholdelse af de kulturhistoriske værdier (kraner, master og spor), for de planlagte parkområder (Jernbaneparken og Å-parken).

Disse målsætninger/visioner skaber i nogen grad begrænsninger i forhold til at anvende parkområdet til magasinering af overfladevand.

Afvandingsstrategier for nye områder, eller områder hvor arealanvendelsen ændres (som Aalborg Godsbanearreal), giver nye muligheder for at lave klimatilpasningstiltag i Aalborg by. Dette er behandlet i lokalplan 1-10-110, idet der stilles krav til tilbageholdelse af overfladevand med en afledning på 1 l/s/ha til offentlig kloak (og evt. senere til Øster Å).

Dette krav er imidlertid ikke direkte suppleret med en gentagelsesperiode for overløb, men der er angivet et anslået areal på 3.000 m², som skal reserveres til forsinkelsesbassin. Dette arealbehov svarer overordnet til en gentagelsesperiode på ca. 5 år.

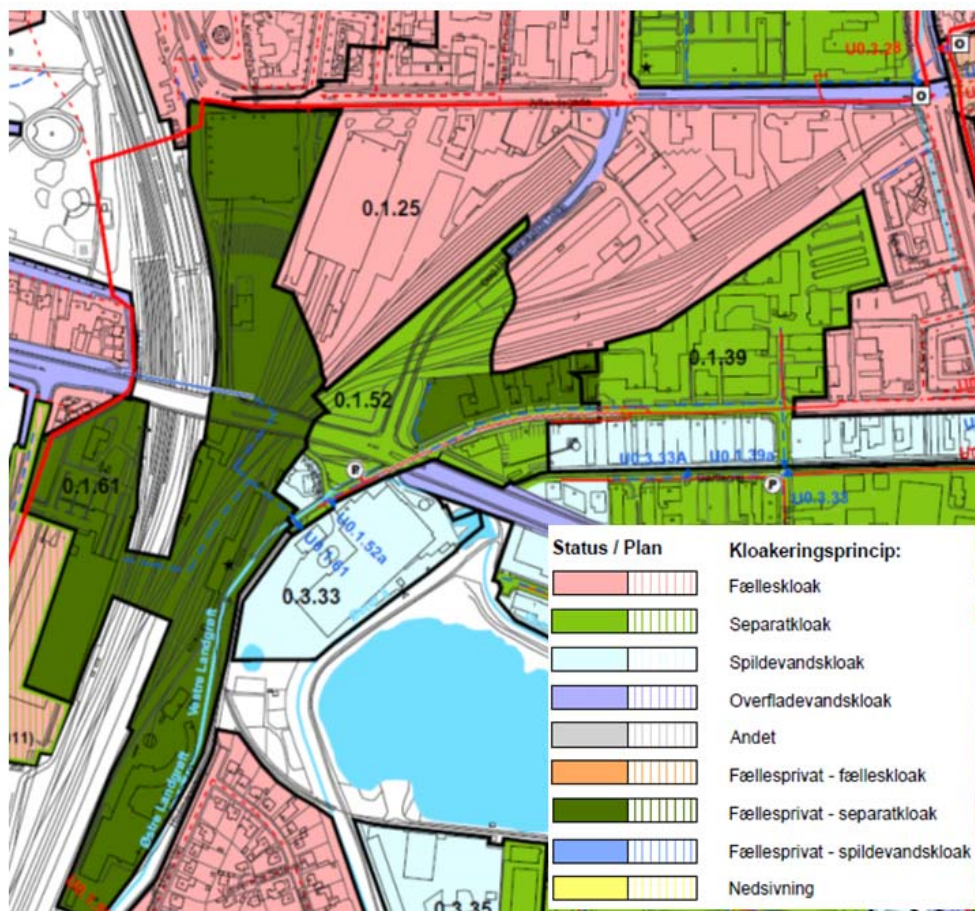
Ses dette forsinkelseskrav i forhold til naboområder, hvor der ikke er forsinkelseskrav, er der tale om en markant stramning af kravene. Kravet vil medføre en forbedring i forhold til belastning af det offentlige kloaksystem samt til den hydrauliske og stofmæssige recipientbelastning.

EKSISTERENDE OG FREMTIDIGE FORHOLD

I det følgende udføres overslagsberegninger på den nuværende og fremtidige afledning af overfladevand fra Aalborg Godsbanearreal til offentlig kloak.

Eksisterende forhold

Nedenstående figur viser de spildevandsplanmæssige forhold i nuværende status, hvor Aalborg Godsbanearreal er en del af kloakopland 0.1.25 (fælleskloakeret), 0.1.52 (separatkloakeret) og 0.1.61 (fællesprivat separatkloakeret).



Fælleskloakken i kloakopland 0.1.25 har uforsinket afløb til den afskærende ledning (transportledning) i Jyllandsgade mod pumpestation Skudehavnsvej via overløbsbygværk G125000. Opspædet spildevand fra området afledes via den afskærende ledning til rensning på Aalborg renseanlæg Vest. Ved aflastning (under regn) fra overløbsbygværk G125000 udledes opspædet spildevand fra området til Kanalen ved udløb U.0.1.25 (i krydset ved Jyllandsgade/Sønderbro).

Separatkloakken i kloakopland 0.1.52 og 0.1.61 udleder uforsinket overfladevand til Vestre Landgrøft ved udløb U0.1.52a og U0.1.61, der umiddelbart nedstrøms løber sammen med Øster Å og Østre Landgrøft.

Den eksisterende belastning ved kraftige regnhændelser fra den fælleskloakerede del af Aalborg Godsbanearreal (del af kloakopland 0.1.25), med udledning til det afskærende ledningssystem i Jyllandsgade, kan overslagsmæssigt opgøres ud fra det tilsluttede areal og vurderet befæstelsesgrad:

- Fælleskloakeret areal på Aalborg Godsbanearreal: 11,9 ha.
- Vurderet befæstelsesgrad: 75 %
- Hydrologisk reduktionsfaktor: 0,8

• **Overslagsberegning på udledt vandmængde:**

1.000 l/s ¹⁾

Den eksisterende belastning ved kraftige regnhændelser fra den separatkloakerede del af Aalborg Godsbanearreal (del af kloakopland 0.1.52 og del af 0.1.61), med udledning til den offentlige regnvandskloak (Vestre Landgrøft), kan overslagsmæssigt opgøres ud fra det tilsluttede areal og vurderet befæstelsesgrad:

- Separatkloakeret areal på Aalborg Godsbanearreal: 6,6 ha.
- Vurderet befæstelsesgrad: 50 %
- Hydrologisk reduktionsfaktor: 0,8

• **Overslagsberegning på udledt vandmængde:**

290 l/s ²⁾

De eksisterende udledningstilladelser for udløb U0.1.52a og U0.1.61 giver tilladelse for udledning af overfladevand fra kloakopland 0.1.52 og 0.1.61, jf. de gældende udledningstilladelser, som er en del af den generelle tilladelse fra 19. marts 2004.

Område og Udløbsnr.	Recipient	Områder, der afleder gennem udløbet	Oplandsareal (bef.) [ha]	Max. Udledning [l/s]
U0.1.52a	Vestre Landgrøft	0.1.52	1,4	155
(U0.1.61)	Vestre Landgrøft	0.1.61 (del)	5,6	10

Fremtidige forhold

Lokalplan 1-1-110 foreskriver en separatkloakering af de fælleskloakerede områder på Aalborg Godsbanearreal. Yderligere foreskrives en forsinkelse af separat regnvand til 1 l/s/ha, og indirekte en gentagelsesperiode for overløb på 5 år. Fremtidigt vil der fra Aalborg Godsbanearreal, ved regnhændelser med en gentagelsesperiode under 5 år, blive afledt 19 l/s svarende til et oplandsareal på ca. 19 ha.

I nedenstående tabel er de eksisterende og fremtidige forhold opstillet for at synliggøre de positive effekter, som de planlagte ændringer af kloakeringsprincip og forsinkelse af overfladevand medfører.

	Gentagelsesperiode for regnhændelse (T)	
	T < 5 år	T > 5 år
Eksisterende forhold	Uforsinket afledning ved alle regnhændelser. Overslagsmæssigt udledes fra hele Aalborg Godsbanearreal følgende størrelsesordener ved kraftige regnhændelser:	

¹ Overslagsberegning med anvendelse af en kasseregn på 140 l/s/ha, svarende til en dimensionsgivende regnhændelse med en gentagelsesperiode på 2 år (fællessystem).

² Overslagsberegning med anvendelse af en kasseregn på 110 l/s/ha, svarende til en dimensionsgivende regnhændelse med en gentagelsesperiode på 1 år (separat regnvandssystem).

	<ul style="list-style-type: none"> 1.000 l/s til den offentlige kloak (fælleskloak) i Jyllandsgade <p>290 l/s til den offentlige kloak (regnvandskloak) ved Hjulmagervej (udledning til Vestre Landgrøft)</p>	
Fremtidige forhold	<p>Forsinkelse til 1 l/s/ha svarende til:</p> <ul style="list-style-type: none"> 19 l/s til den offentlige kloak (regnvandskloak) ved Hjulmagervej (udledning til Vestre Landgrøft). 	<p>Ved ekstremregn vil der, efter fyldning af bassiner, ske opstuvning på terræn.</p> <p>Bassinerne på Aalborg Godsbaneareal vil imidlertid give en fladere afstrømningshydrograf og forskyde peaktidspunktet for maksimal afstrømning, set i forhold til den uforsinkede afstrømning i de omkringliggende byområder.</p>

Som det fremgår af ovenstående tabel er det markante forbedringer i forhold til belastning af den offentlige kloak, med en reduktion i sekundvandmængden ved regnhændelser med en gentagelsesperiode under 5 år i størrelsesordenen 1.200 l/s. Disse markante forbedringer er samtidig markante stramninger i forhold til at håndtere overfladevand på godsbanearealet, stramninger der stiller store faglige udfordringer som begrænses af de fysiske forhold i henholdsvis byrummet og parkområderne på godsbanearealet.

Særligt ændring af kloakeringsprincip fra fælleskloak til separatkloak, samt naturligvis forsinkelse af overfladevand, vil medføre en væsentlig miljømæssig effekt, idet aflastningen fra overløbsbygværk G125000 vil blive reduceret betydeligt. Idet detailsystemet i Kloakopland 0.1.25 er integreret med det afskærende system (transportsystem) i Jyllandsgade, vil ændring af kloakeringsforholdene og forsinkelse af overfladevand medføre et reduceret stuvningsniveau på flere strækninger i kloakopland 0.1.25.

Udledningen til Vestre Landgrøft vil ikke ændres markant, idet udledningen til Vestre Landgrøft vil være begrænset af ledningernes kapacitet. Således vil opstrømsliggende områder (ved Postmestervej) få forbedret afledningskapaciteten til Vestre Landgrøft, som følge af en forsinkelse af overfladevand fra Aalborg Godsbaneareal (del af kloakopland 0.1.6.1).

Ud over de rent hydrauliske og stofmæssige forbedringer, vil introduktion af LAR-løsninger medføre en lang række af positive effekter, herunder en fleksibel og robust klimatilpasning, øget fastholdelse af naturlige vandbalancer, merværdi i forhold til æstetik, rekreativt udtryk, biodiversitet og forbedring af byens mikroklima.

BESKRIVELSE AF TEKNIK

I det følgende er dimensioneringsforudsætninger for en afvandingsløsning på Aalborg Godsbaneareal opstillet, samt en beskrivelse af de enkelte elementer i afvandingsløsningen.

Dimensioneringsforudsætninger

Ved byggemodning af Aalborg Godsbaneareal er bygherren ved dimensionering af afvandingssystem til overfladevand forpligtiget til:

- Som hovedregel, jf. lokalplanens punkt 6.8, at etablere grønne tage.

- I så stor udstrækning som muligt at etablere LAR-løsninger i såvel byrum som parkområde, jf. lokalplanens formålsbeskrivelse og den i Aalborg Byråd vedtagne bæredygtighedsstrategi (vedtaget 24. juni 2008).³
- At etablere bassinvolumen (primært magasineringsvolumen) svarende til en gentagelsesperiode (T) på 5 år ($n = 1/5$), samt anvendelse af et klimatillæg på 1,25 og en hydrologisk reduktionsfaktor på 0,8.

Yderligere søger bygherren ved den overordnede områdeplanlægning:

- At etablere oversvømmelsesarealer til magasinerung af overfladevand for regnhændelser med en gentagelsesperiode større end 5 år (sekundært magasineringsvolumen). Dette skal udføres med hensynstagen til den overordnede arkitektoniske plan og vision for området.

Afløbssystemet på Aalborg Godsbanearreal adskiller sig fra traditionelle afløbssystemer ved at hovedtransporten af vand foregår i overfladenære kanaler. Dette er sammen med de udbredte LAR-elementer i form af grønne tage og regnbede med til at give området en blå/grøn profil og et rekreativt løft.

Systemet, der afvander til Jernbaneparken, er opbygget af en række kanaler, der i byrummet er placeret langs bygningernes facader, hvori overflade samt tagvand fra området strømmer til. Disse kanaler er forbundet og transporterer vandet fra byrummet ud til parkområdet, hvor bassiner er placeret. Hovedparten af bassinerne har en anden funktion i tørvejr og består af en blanding af parkarealer og boldbaner. Kanalerne i parken samt bassiner er forbundet til en tømmeledning, som transporterer vandet ned til tilslutningspunktet til offentlig kloak ved U0.1.61.

Afløbssystemets elementer

Der udformes et afvandingssystem, der leder overfladevand via åbne kanaler fra byrum til parkrum, hvor der udformes bassiner og oversvømmelsesområder til magasinerung, inden udledning til offentlig kloak (og på sigt til Øster Å).

En begrænset forsinkelse af overfladevand sker via grønne tage.

Der er foretaget overslagsberegninger i regneark, og efterfølgende er systemet eftervist i Mike Urban, i relation til lednings-/kanaldimensionering samt gentagelsesperioder for anvendelse af bassiner.

Grønne tage

Tagene på området bliver udført som grønne tage, der udover at være med til at give området en grøn og innovativ profil, er med til at begrænse afstrømningen fra tagfladerne til afvandingssystemet. Tagene fungerer som en slags svampe, der kan absorbere en vis mængde regn, som efter regnhændelsen er slut vil fordampe gennem beplantningen på taget. Disse tage har naturligvis en begrænset kapacitet, men det er vurderet at de kan tilbageholde hvad der svarer til omkring 4 mm regn inden afstrømning fra tagene starter. Dette afhænger naturligvis af tagenes opbygning, hvor tykkelsen på jordlaget og vegetationens type sammen med hældning på taget er bestemmende for hvor stort volumen taget kan opsuge. Da disse detaljer ikke er kendte for bygningerne på tidspunktet for udfærdigelsen af dette notat, er der anvendt den skønnede mængde på 4 mm som initialtab. Når disse 4 mm er opsuget af taget er overfladen efterfølgende behandlet som en impermeabel overflade med afstrømning til følge.

³ Bassinvolumen til et givent tilsluttet befæstet areal fastlægges ud fra en acceptabel gentagelsesperiode for overløb samt en fast videreført vandmængde.

Kanaler

Hovedtransporten af overfladevand fra området skal foregå i overfladenære kanaler, der løber langs bygningernes facader og forbinder byområdet med parkområdet. Kanalerne i byområdet er generelt lavet, så de har en bundbredde på mellem 22-17 cm stigende med dybden grundet kanalelementernes udformning. Kanalerne har stigende dybde ud mod parkområdet grundet områdets flade terræn.

Kanalerne i parkområdet bliver etableret med en bundbredde på 30-26 cm, da de skal transportere større mængder vand og kunne fordele det mellem bassinerne i parkområdet.

Regnbede

I byrummet er der fordelt 9 regnbede, og nedenstående visualisering giver en indtryk af regnbedenes integrering i byrummet.



Disse regnbede har en todelt funktion, idet de både skal fungere som små bassiner, der kan tage størstedelen af vandet fra små regnskyl og samtidig virke som overløb fra byområdet i tilfælde med kraftig regn.

Regnbedene er udformet således at bunden af regnbedene ligger under bunden af kanalerne, hvilket vil sige at der er et volumen, som opsamler vand fra små hændelser, som så efterfølgende fordamper. Derudover er regnbede også overløb i tilfælde med kraftig regn, og fungerer dermed som trykaflastning for kanalerne, som dermed kan føre det resterende vand via kanalerne til parkområdet og bassinerne. Overløbene fra regnbede er koblet på tømmeledningen og leder dermed vandet væk fra byområdet.

Områdets geologi giver ikke mulighed for nedsivning i nævneværdig grad, hvorfor afvandingsløsningen ikke medtager dette element.

Bassiner

Der er 11 bassiner i selve parkområdet til at opsamle regnvandet fra Aalborg Godsbanearreal. Ud over bassinerne i Jernbaneparken, bliver der også etableret et rensebassin i den sydlige del af

området. Dette bassin vil indledningsvist blive koblet på det offentlige kloaksystem, men det er designet således, at det kan lede vandet til Østerå, når eller hvis denne bliver ført gennem området.

Nedenstående visualisering giver et indtryk af parkrummet indretning, hvor boldbanerne ved kraftig regn fungerer som regnvandsbassiner.



Systemet som helhed er designet med en udledning på 1 l/s*ha og kan klare en 5 års hændelse med denne forudsætning. Dog vil det muligvis blive tilladt at udlede en større mængde, hvis rensebassinet i fremtiden skal udlede til Østerå. Dette vil medføre at området får en større sikkerhed og dermed vil have overløb til en gentagelsesperiode på over 5 år.

Grunden til der er så mange bassiner i parken, er at de i tørvejr har andre formål og alle er placeret i parkarealet. På afvandingsplanen kan detaljer om bassinnummer, volumen, indløbstidspunkt samt indløbskote ses. De sidste to informationer er med, da bassinerne som nævnt har andre funktioner i tørvejr og derfor er der skelnet mellem hvornår det er ønskeligt at få vand i bassinerne. I nedenstående tabel er bassinernes fyldningstidspunkt og anvendelse vist.

Indløbstidspunkt	Anvendelse	Gentagelsesperiode [år]
1	Vådt bassin	0
2	Grønt bassin	0-1
3	Boldbane	1
4	Beachvolleybane	3-4
5	Asfaltbane	5

Som det fremgår af tabellen har bassinerne, der skal bruges til rekreative formål fået højest prioritet, så de bliver fyldt sidst. Som det også kan ses af tabellen træder bassinerne også i anvendelse til forskellige gentagelsesperioder. Det permanent våde bassin træder naturligvis i kraft ved samtlige regn, mens de grønne bassiner, der indeholder vegetation af forskellig art, træder i kraft ved

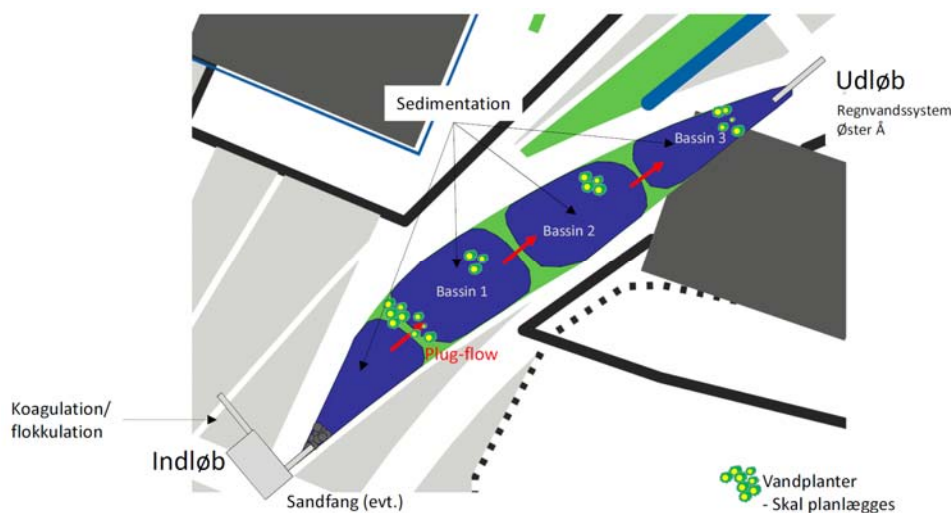
forholdsvis små regn. De andre bassiner, der til dagligt anvendes til diverse sportslige formål fyldes kun ved en 1 til 5 års hændelse og vil derfor stadig kunne anvendes i en hverdagssituation.

En bassinestimering med SVK Skrift 28 viser et umiddelbart bassinbehov på 1.750 m³. Med behørig hensynstagen til områdets anvendelse, har det været muligt at skabe i alt 2073 m³ bassinvolumen. Der er med andre ord en vis sikkerhed, der overslagsmæssigt tilsvarende en 5 års hændelse med 15-20 % tillæg for koblede regn.

Fra kanalerne i parkrummet føres overfladevandet via huller i kanalerne til bassinerne. For at opnå det rette fyldningstidspunkt af det respektive bassinvolumen, har det været nødvendigt at lave detaljerede iterative beregninger specifikt for dette.

Rensebassin

Det tidligere omtalte rensbassin bliver opført som et trekammerbassin, hvis principmæssige opbygning kan ses på nedenstående. Det er forventningen at arbejde videre med koncepterne fra LIFE-TREASURE projektet (<http://www.life-treasure.com/>).



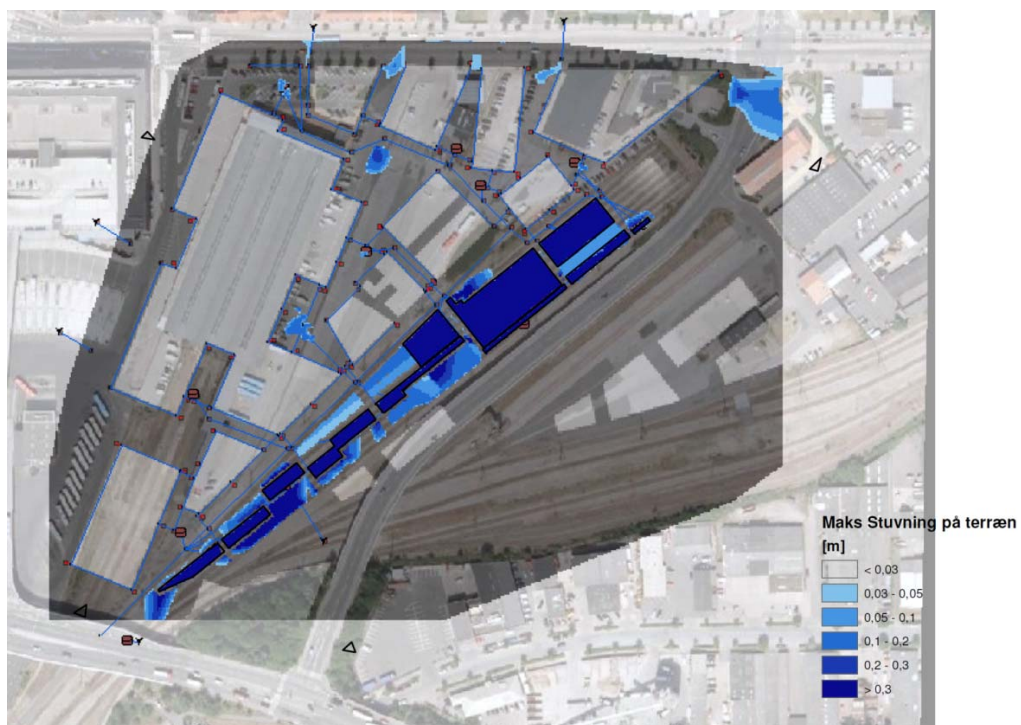
Det bliver oprettet som et permanent vådt bassin og vil således også være med til at give området den blå/grønne profil der er ønsket for området. Bassinet bliver etableret efter den bedst tilgængelige teknologi på området, og skulle således fungere som et effektivt rensbassin med en høj rensegrad for de forurenende stoffer der uundgåeligt vil optræde i vandet, når det afstrømmer fra befæstede flader i et bymiljø.

Overløbsforhold og ekstremregn

Systemet som helhed er sikret mod oversvømmelser i det, der er oprettet punkter lokalt i området med lavninger i form af regnbede og et amfiteater, der er forbundet med et ledningssystem (til overløb fra byrum) og derigennem til bassinerne i parken.

Dette er med til at sikre, at vand kan transporteres væk fra byrummet og ud til parken, hvor oversvømmelse ud over bassinernes kant og ud i resten af parken er planlagt til ekstreme hændelser. Ud over at dermed give et betydeligt større volumen til at håndtere de mulige voldsomme vandmasser, er der også i parken etableret et overløb, der skal lede vandet væk fra området. Vandet vil derefter blive ledt over til hvor Østerå i fremtiden tænkes anlagt. Hvis åen kommer, vil den kunne fungere som aflastning og lede vandet væk. Såfremt åen ikke omlægges, vil et kommende parkeringsareal fungere som nødbassin.

Alle bebyggelser udføres med niveaufri adgang. For at belyse eventuelle risici for oversvømmelse af de nye bygninger, er der foretaget konsekvensberegninger med anvendelse af Mike Flood. Nedenstående ses en beregning med anvendelse af en historisk regnserie (15. august 2006 fra Aalborg), som er vurderet svarende til en 100 års regnhændelse og gav store oversvømmelser i Aalborg Øst. Beregningen indikerer, at området har en stor robusthed overfor ekstremregn, naturligvis forudsat at randbetingelserne for beregningen kan opfyldes (= markant aflastning til Øster Å).



POTENTIALET FOR LAR I VINKÆLDERRENDENS OPLAND, ODENSE

Teamchef Jan Jeppesen, ALECTIA A/S

ATV JORD OG GRUNDVAND

LAR – Lokal afledning af regnvand

Møde 26. april 2012

RESUME

Valget af den optimale klimatilpasningsstrategi (traditionel udbygning af kloakker og/eller LAR) bør baseres på kendskab til det hydrauliske potentiale for LAR: kan regnmængderne nedsives, fordampes eller forsinkes tilstrækkeligt i forhold til det fremtidige nedbørsmønster og tilknyttede oversvømmelser? Til belysning af spørgsmålet benyttes hydrologiske og hydrauliske modeller for LAR-elementer, grundvand og afløbssystemet for et eksisterende byområde i Odense. Foreløbige (optimistiske) simuleringer indikerer, at regnvand fra 20 % af de befæstede arealer kan nedsives lokalt. Nedsivningspotentialet varierer dog betydeligt i oplandet afhængigt af terrænforløb, hydrogeologi og urban infrastruktur, hvilket illustrerer vigtigheden af at kunne beskrive disse elementer integreret i en urban-hydrologisk model.

INDLEDNING

De senere års hyppige tilfælde af ekstremregn og oversvømmelser i byområder tydeliggør den samfundsmæssige udfordring, der er forbundet med at håndtere fremtidens klimaændringer. Den traditionelle og velkendte løsning på at håndtere stigende nedbørsmængder er opdimensionering af kloakker og bassiner, mens den alternative løsning er lokal afledning/udnyttelse af regnvand (LAR), som stadigvæk er forbundet med manglende erfaring ved anvendelse i spildevandsplanlægningen på større skala.

Anvendelse af forskellige principper for LAR muliggør, at regnvandet kan udnyttes som en lokal ressource til rekreative formål, sekundær vandforsyning, begrønning og til at modvirke opfildning i byrummet (varmeøer). For at evaluere potentialet for LAR som et middel til klimatilpasning af et større byområde skal der udføres en grundig hydrologisk og hydraulisk undersøgelse af, hvor meget regnvand der kan afkobles kloakken og i stedet håndteres ved lokal nedsivning, fordampning, forbrug og forsinkelse.

FORMÅL

Med henblik på at belyse det hydrologiske og hydrauliske potentiale for LAR i Odense er der defineret et LAR-projekt af VandCenter Syd og ALECTIA. Projektet er inddelt i to spor, hvor spor 1 indeholder en analyse af konkrete LAR-elementer (grønne forsøgstage og en faskine), mens spor 2 omfatter integreret hydrologisk modellering af LAR-elementer og efterfølgende hydraulisk simulering ved en afløbsmodel for et konkret byområde. Resultaterne fra detail-studierne i spor 1 opskales til byområdet i spor 2.

METODE

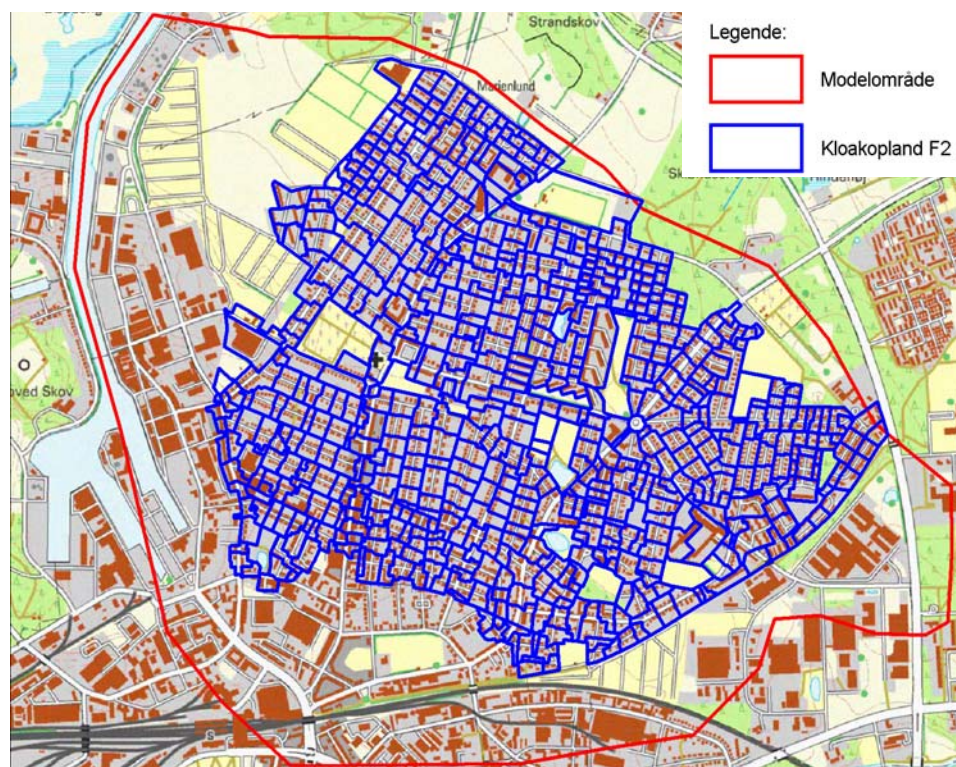
Med henblik på at belyse det hydrauliske/hydrologiske potentiale for LAR benyttes en urban-hydrologisk vandkredsløbsmodel, der er udviklet i et ph.d.-projekt, /1/, /2/, /3/, under forskningsprojektet 2BG (www.2bg.dk).

Den urban-hydrologiske model beskriver elementerne i det urbane vandkredsløb (grundvand, indvinding, vandløb, søer, havet, omfangsdræn, utætte kloakker, utætte vandforsyningsledninger, m.m.) og indbyrdes interaktioner. Kernen i modellen er en eksisterende grundvandsmodel, /4/, som er videreudviklet med forskellige moduler til at beskrive hydrologiske interaktioner med de relevante urbane vandførende infrastrukturer.

Modellen indeholder endvidere forskellige beregningsmoduler for LAR-elementer (faskine, wadi, regnbed, regnvandstank, grønt tag), som muliggør en holistisk vurdering af LAR-potentialet ved at gennemregne hele vandkredsløbet. Den hydrauliske effekt af en given LAR-afvandingsplan vurderes efterfølgende i en afløbsmodel ved at erstatte regnserier med overløbstidsserier fra de planlagte LAR-elementer. Herved muliggøres en direkte analyse af effekten af LAR-elementerne på konkrete oversvømmelseshændelser.

UNDERSØGELSESGEOMRÅDE

Den urban-hydrologiske model benyttes til at simulere vandkredsløbet i "Vinkælderrendens opland" (figur 1) i Odense, som er påvirket af oversvømmelser under skybrud. Oplandet er fælleskloakeret og domineres af parcelhuse fra 1920'erne og 1930'erne. Terrænkoterne varierer mellem 3-18 meter og geologien er karakteriseret ved et generelt tykt leret morænedæklag, med indslag af spredte sandlag, som overlejrer et dybtliggende sandlag.



Figur 1. Vinkælderrenden (kloakopland F2, 3 km²), Odense

FORELØBIGE RESULTATER - NEDSIVNINGSPOTENTIALT

LAR-projektet er pt. sat på stand-by, mens der indsamles flere data. Projektet forventes afsluttet med udgangen af år 2013. Denne artikel beskriver foreløbige resultater vedrørende nedsivningspotentialet for tagvand på de enkelte lodsejeres grunde i Vinkælderrendens opland.

Tilgangen til at vurdere nedsivningspotentialet (bæredygtig nedsivning) bygger på en analyse af hvor og hvor meget der kan nedsives uden at generere problemer med fugtige kældre/vand på terræn. Til undersøgelsen benyttes den urbane vandkredsløbsmodel, hvor grundvandsmodellen består af 5 beregningslag (vekslende lag af ler og sand samt kalken) og en fin horisontal celle-diskretisering på 10×10 m. Der benyttes beregningsmoduler for faskinen, utætte kloakker, ledningsgrave, omfangsdræn, bygninger og befæstede arealer. Input af klima (SVK-nedbør, potentiel fordampning, temperatur) er baseret på den klimatiske periode 1989-2011.

Nutidig dybde til det øvre grundvandsspejl

I første omgang simuleres den nutidige dybde til det øvre grundvandsspejl uden brug af faskiner, figur 2 (til venstre). Det ses, at dybden til det øvre grundvandsspejl varierer betydeligt over kort afstand som følge af variationen i de hydrogeologiske/terrænmæssige forhold og på grund af påvirkningen fra urbane elementer som befæstede arealer, omfangsdræn, utætte kloakker og ledningsgrave.

På baggrund af figur 2 (til venstre) er det nemt at udelukke områder, hvor nedsivning ikke er mulig i dag. Men, simuleringen af de nutidige forhold er ikke et tilstrækkeligt grundlag for at vurdere mulighederne for fremtidig nedsivning, f. eks. hvor (og hvor meget) nedsivning kan accepteres uden at der opstår problemer med et terrænnært grundvandsspejl og dermed forsumpning af nedsivningselementer eller huse. Udfordringen er derfor at udpege egnede nedsivningsområder og kvantificere en bæredygtig nedsivning, som netop ikke genererer problemer med et terrænnært øvre grundvandsspejl.

Nedsivningspotentialet ved afkobling

Den bæredygtige nedsivning, som netop ikke genererer problemer med et terrænnært øvre grundvandsspejl, kan simuleres ved at anvende beregningsmodulet for faskinen. I den forbindelse simuleres en faskine på hver matrikel, der i disse foreløbige beregninger modtager regnvand fra tagflader. Faskinen er som udgangspunkt dimensioneret til at kunne tilbageholde en 10 års regn og kan simulere overløb (når faskinen er overfyldt) og nedsivning (eller dræning af grundvand) gennem bund, sider og loft afhængig af grundvandsspejlets beliggenhed.

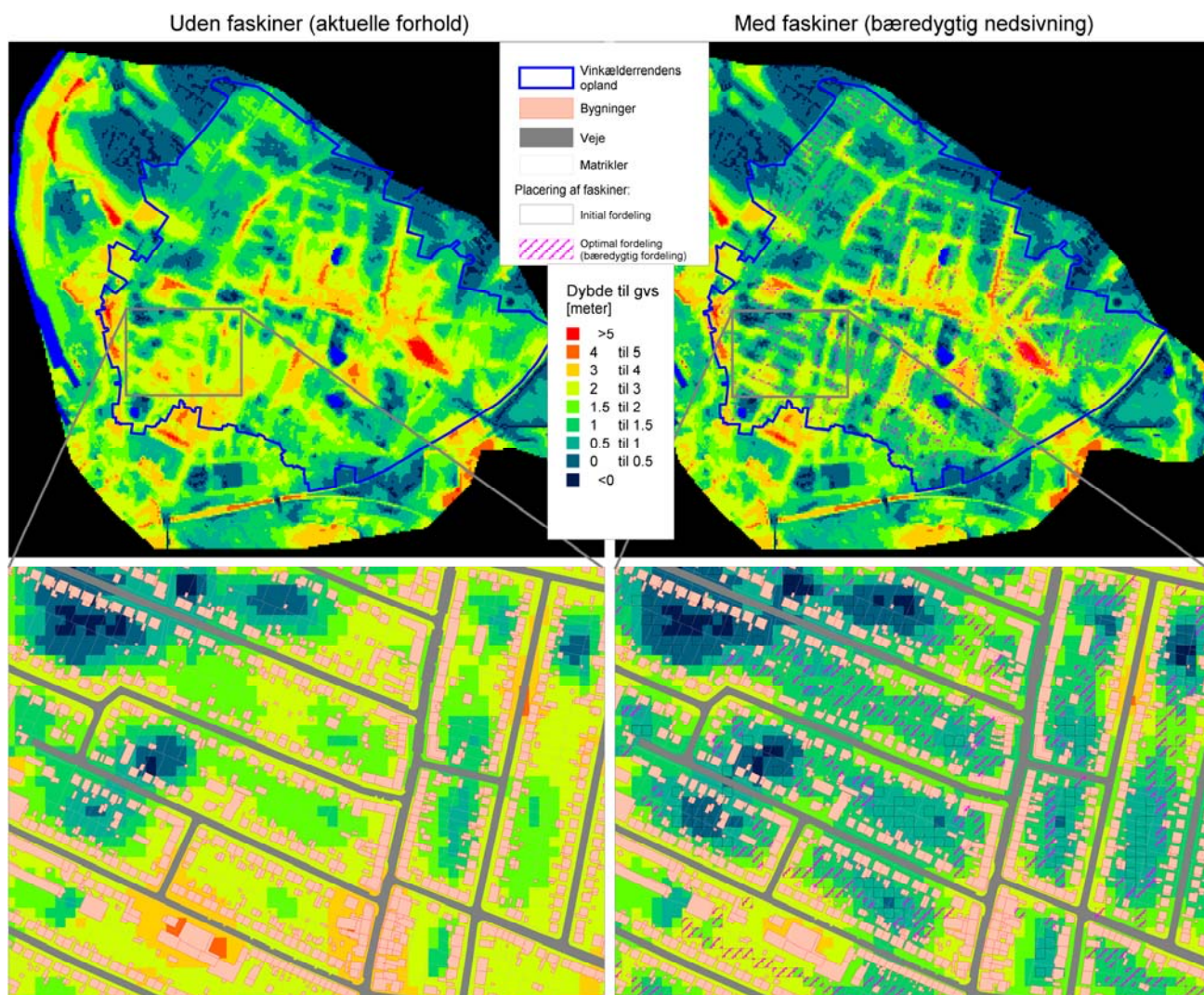
Udover faskine-modulet benyttes en optimeringsalgoritme, der automatisk udpeger den fordeling af faskiner, på matrikelniveau, der samtidigt maksimerer nedsivningen af regnvand i oplandet og minimerer risikoen for højtstående grundvandsspejl på de enkelte matrikler. Dette er et essentielt element i kvantificeringen af bæredygtig nedsivning, da et for højt grundvandsspejl mindsker performance af den enkelte faskine og samtidigt øger risikoen for indsyning til kældre m.m.

Resultatet af denne optimering er vist på figur 2 (til højre), som viser den simulerede dybde til det øvre grundvandsspejl i situationen med optimal/maksimal nedsivning af tagvand i oplandet. I simuleringen benyttes den klimatiske periode 1989-2011. De sortindrammede kasser (modelceller) angiver de matrikler, hvor faktorer som pladsforhold, forurening og terrænhældning tillader etableringen af faskiner. De pink-skraverede kasser angiver det optimale nedsivningsscenarium og dermed de matrikler, hvor nedsivning af regnvand vurderes at være acceptabel/bæredygtig under hensyntagen til det øvre grundvandsspejl.

Den viste simulering på figur 2 (til højre) er et foreløbigt (optimistisk) resultat af nedsivningspotentialet i oplandet, der umiddelbart indikerer, at regnafstrømningen fra 20 % af det samle-

de befæstede areal kan nedsives/afskæres uden at inducere problemer med forsumpning under nutidige klimatiske forhold.

Pt. indsamles yderligere kalibreringsdata fra oplandet med henblik på at mindske usikkerhederne på modelsimuleringerne. De indsamlede data omfatter monitoring af det øvre grundvandspotentiale i 8 nye pejleboringer og monitoring af kloakafstrømningen fra oplandet.



Figur 2. Simuleret dybde til det øvre grundvandsspejl på bydelsniveau (øverst) og matrikel-niveau (nederst), uden faskiner (til venstre) og med faskiner (til højre). Sort-indrammede kasser viser hvor pladsforhold, forurening, terrænhældning, etc. muliggør faskiner, mens de pink-skraverede kasser angiver de matrikler, hvor nedsivning af regnvand vurderes at være hydrologisk bæredygtig under hensyntagen til grundvandsspejlet (til højre). Eksempel fra Vinkælderrenden, Odense.

KONKLUSION

Nedsivningspotentialer for regnvand er belyst ved hjælp af en urban-hydrologisk vandkredsløbsmodel, der kan simulere vandkredsløbet med LAR-elementer og relevante interaktioner.

Fordelen ved at benytte modellen er, at alle de faktorer, der styrer vandkredsløbet - og i særdeleshed det øvre grundvandsspejl – simuleres på integreret vis. Således er det nemt at simulere effekten på nedsivningspotentialet ved at anvende forskellige kriterier for afstanden til det øvre grundvandsspejl og forskellige scenarier for det fremtidige klima, kloakrenovering, ændret bebyggelse, etc.

Foreløbige optimistiske simuleringer for Vinkælderrendens opland indikerer, at ca. 20 % af regnvandet kan afkobles kloakken og nedsives lokalt uden at generere problemer med et for højt grundvandsspejl. Pt. indsamles yderligere kalibreringsdata fra oplandet med henblik på at mindske usikkerhederne på modelsimuleringerne.

Fremtidige simuleringer indebærer andre LAR-elementer som grønne tage, regnvandstanke, regnbæde m.m. Endvidere indarbejdes klimascenarier for øget nedbør og havvandsspejl. Der foretages endvidere hydrauliske simuleringer med en afløbsmodel for oplandet med henblik på at evaluere effekten af forskellige LAR-afvandingsstrategier på opstuvningshændelser.

PERSPEKTIVERING

Ud over øget ekstremnedbør byder fremtiden sandsynligvis også på øget havvandstand og - mange steder – et forhøjet grundvandsspejl. I forhold til nutidens hydrologiske forhold medfører dette sandsynligvis ringere betingelser for lokal nedsivning af regnvand.

Det skal understreges, at en forhøjet grundvandsstand medfører et øget behov for dræning af grundvand omkring huse for at undgå fugtskader på fundamenter, kældre, m.m. Det er således realistisk, at mange lodsejere skal investere i lokale afvandingsløsninger (for overfladenært grundvand) uanset om lokal håndtering af regnvand vælges som et middel til klimatilpasning eller ej. Dette giver et stærkt logisk incitament for at udvikle nye ”innovative” lokale afvandingsløsninger, hvor lokal afledning af både regnvand og grundvand sammen-tænkes, evt. som forsinket tilledning til eksisterende kloakker.

Det anbefales således stærkt, at medtage alle relevante forhold omkring fremtidige klimaændringer – selvfølgelig sammen med økonomiske betragtninger omkring den grønne merværdi ved lokale løsninger – i analyser af omkostningseffektive klimatilpasningsløsninger, specielt med hensyn til spørgsmålet om der skal vælges traditionel udbygning af kloakker og/eller LAR.

LITTERATURENHENVISNINGER

- /1/ Jeppesen, J. (2010). Quantitative hydrological effects of urbanization and stormwater infiltration in Copenhagen, Denmark. Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Aarhus University. PhD Thesis.
- /2/ Jeppesen, J., Christensen S., Ladekarl, U. (2011): Modelling the historical water cycle of the Copenhagen area 1850–2003. *Journal of Hydrology* 404(3-4): 117-129.
- /3/ Jeppesen, J., Christensen S. (2012). A Modflow Infiltration-Drainage Device Package for simulating the hydrological consequences of stormwater infiltration. Submitted to GroundWater.
- /4/ MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey modular ground-water model– User guide to modularization concepts and the Ground-Water Flow Process: U.S. Geological Survey Open-File Report 00-92. Harbaugh, A. W., Banta, E. R., Hill, M. C., McDonald, M., 2000, U.S. Geological Survey.

